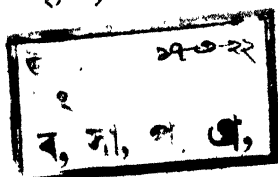
সরল

পদার্থ-বিজ্ঞান

(৮৫ খানি চিত্র সম্বলিত)

কটক, রেভেন্‌শা কলেজের বিজ্ঞানাধ্যাপক

শ্রীযোগেশচন্দ্র রায়, এম্, এ,

প্রণীত।

ষষ্ঠ সংস্করণ।

কলিকাতা।

দাস গুপ্ত এবং কোং দ্বারা

প্রকাশিত।

১২৯৬

কলিকাতা।

২ নং বেণেটোলা লেন, সখা-যন্ত্রে, শ্রীনটবর চক্রবর্ত্তী
কর্ত্তৃক মুদ্রিত।

ভূমিকা।

পদার্থ-বিজ্ঞান বিশিষ্টরূপে পরীক্ষা সাপেক্ষ। শিক্ষকের কথা শুনিয়া এবং পুস্তক পাঠ করিয়া ইহা প্রকৃতপক্ষে শিক্ষা করা নিতান্ত নীরস এবং এক প্রকার অসম্ভব। আজকাল সকলেই 'কণ্ঠস্থ বিদ্যার' উপর ঘৃণা প্রদর্শন করিতেছেন। তাহাতে "কণ্ঠস্থ প্রণালীতে" বিজ্ঞান-শিক্ষা কত দূর ঘৃণার্হ, তাহা বলা যায় না। কলেজে বিজ্ঞানশিক্ষাদান কালে ছাত্র-দিগকে বৈজ্ঞানিক পরীক্ষা দেখান হইয়া থাকে। সেই সকল পরীক্ষা দেখিয়া ও শিক্ষকের উপদেশ শুনিয়া ছাত্রগণ বিজ্ঞান শিক্ষা করিয়া থাকে। কিন্তু তাহাও তত সন্তোষ-প্রদ নহে। বাস্তবিক, যতদিন ছাত্র স্বয়ং পরীক্ষা করিয়া পদার্থ-বিজ্ঞানের তত্ত্বগুলি আয়ত্ত না করে, ততদিন তাহার শিক্ষা সম্পূর্ণ ও প্রগাঢ় হয় না।

এমত স্থলে, বাঙ্গলা মাইনর ও ছাত্রবৃত্তি পরীক্ষার জন্য ছাত্রগণ এক-টিও পরীক্ষা না দেখিয়া পদার্থ-বিজ্ঞানের কতকগুলি বিষয় শুদ্ধ কণ্ঠস্থ করিলে, তাহাদিগের বিজ্ঞান সম্বন্ধে কতদূর শিক্ষা ও উপকার হয়, তাহা বলা নিষ্প্রয়োজন। এরূপ প্রথায় ছাত্রগণের উপকারের সম্ভাবনা অতীব অল্প, বরং বিলক্ষণ অপকারের সম্ভাবনা থাকে। না দেখিয়া সুতরাং না বুঝিয়া, বাল্যকালে 'কণ্ঠস্থ প্রণালীতে' নীরসভাবে বিজ্ঞান শিক্ষা করিয়া, ছাত্রগণ পরে বিজ্ঞান শিক্ষার নাম শুনিলেই শঙ্কিত হয়। বিজ্ঞান-শিক্ষার সঙ্গে যে প্রভূত আনন্দ লাভ হয় এবং যে আনন্দের জন্য লোকে একবার শিখিতে আরম্ভ করিলে সুখভোগ উপেক্ষা করিয়া বিজ্ঞান-চর্চ্চায় জীবন অতিবাহিত ও জগতের মঙ্গল সাধিত করেন, তাহার আভাষমাত্রও ছাত্রেরা সম্ভোগ করিতে পায় না।

এই সকল দেখিয়া শুনিয়া, যথাসাধ্য এই অভাব দূরীকরণাভিপ্রায়ে

আমি এই পুস্তক-প্রণয়ণে হস্তক্ষেপ করিয়াছি। ইহা যে প্রণালীতে লিখিত হইয়াছে, তাহা নিম্নে বিবৃত হইল।

(১) বিজ্ঞান-শিক্ষার জন্য পরীক্ষার কথা শুনিলেই সাধারণতঃ লোকে হতাশ হইয়া পড়ে। পরীক্ষা ত বহুমূল্য ও দুষ্প্রাপ্য যন্ত্র-সাপেক্ষ; পুস্তক ক্রয় করিবার যাহাদের অর্থ নাই, তাহারা আবার বহুমূল্য যন্ত্রাদি ক্রয় করিয়া শিক্ষা করিবেন, ইহা বাতুলের আশা। বাস্তবিক, উপযুক্ত শিক্ষক এবং উপযুক্ত পুস্তক অভাবে লোকের এই প্রকার ধারণা এখনও তিরোহিত হয় নাই। ইয়ুরোপেও কয়েক বৎসরমাত্র পণ্ডিতগণের এ বিষয়ে দৃষ্টি পড়িয়াছে। তাহারই ফলস্বরূপ টিণ্ডাল, টেট, হক্‌সলি প্রভৃতি পণ্ডিতবর কর্ত্তৃক সুকুমারমতি বালকগণের উপযোগী বিজ্ঞান-গ্রন্থসকল প্রকাশিত হইয়াছে। পদার্থ-বিজ্ঞান সম্বন্ধে আমাদিগের এই সকল পাশ্চাত্য গুরুগণের প্রদর্শিত পথ অনুসরণপূর্ব্বক আমি এই পুস্তক প্রস্তুত করিয়াছি।

আমাদের দেশ যে নিতান্ত দরিদ্র, তাহা আমি কখনও বিস্মৃত হই নাই। এজন্য "ঘরকন্নার" সামগ্রী ও স্বল্পমূল্যের উপকরণ দ্বারা পুস্তকের স্থূল স্থূল তত্ত্বগুলি বুঝাইতে চেষ্টা করিয়াছি। কেবল একটিমাত্র যন্ত্র (বায়ু-নিষ্কাশন-যন্ত্র) ব্যতীত অধিক মূল্যের যন্ত্র আদৌ ব্যবহার করি নাই। ইহাও ১০।১২ টাকা মূল্যে পাওয়া যাইতে পারে। এবংবিধ যন্ত্র-সাহায্যে পরীক্ষা দেখাইয়া শিক্ষকগণ বিজ্ঞান শিক্ষা দিবেন, তাহা বোধ হয় দুরাশা নহে। এমন কি, সহিষ্ণুতা ও চেষ্টা থাকিলে অনেক ছাত্র স্বয়ং স্বহস্তে যাহাতে অধিকাংশ যন্ত্র প্রস্তুত করিয়া প্রকৃত-পক্ষে বিজ্ঞান শিক্ষা করিতে পারে, তাহাও আমার আকাঙ্ক্ষা। এজন্য এই পুস্তকের সহায় ও পরিশিষ্ট-স্বরূপ আর একখানি ক্ষুদ্র পুস্তক শীঘ্র প্রকাশ করিবার মানস রহিল। তাহাতে এই পুস্তকের পরীক্ষা সকলে কৃতকার্য্য হইবার জন্য ও বহুবিধ সামান্য সামান্য যন্ত্রাদি নির্ম্মাণ করিবার

জন্য, প্রতিকৃতিসহ বিশদ উপদেশ থাকিবে। তদ্ভিন্ন, ক্রয় করিতে হইলে কোন্ যন্ত্রের কত মূল্য, কোথায় তাহা প্রাপ্তব্য ইত্যাদি সমস্ত জ্ঞাতব্য বিষয় দেওয়া হইবে। বলা বাহুল্য, এরূপ পুস্তক পদার্থ-বিজ্ঞান-শিক্ষার্থিগণের, বিশেষতঃ শিক্ষকগণের, যথেষ্ট উপকারে আসিবার সম্ভাবনা। এস্থলে বলা আবশ্যক যে, শিক্ষাবিভাগের কর্ত্তৃপক্ষীয়েরা এই পুস্তক বিদ্যালয়ে পরীক্ষাসহ শিক্ষা দিবার ব্যবস্থা করিলে, অত্রস্থ দে, শীল কোম্পানি এবং স্মিথ, ষ্টানিষ্ট্রীট কোম্পানি অতি অল্প ব্যয়ে পুস্তকে ব্যবহৃত উপকরণাদি প্রস্তুত করাইয়া বিক্রয় করিতে ইচ্ছুক আছেন।

(২) বালকদিগের জন্য লিখিত অধিকাংশ বিজ্ঞানগ্রন্থে বিজ্ঞান-তত্ত্বগুলি জ্যামিতির প্রতিজ্ঞার ন্যায় প্রথমতঃ সূত্রস্বরূপ লিখিত হয়। পরে এই সকল সূত্রস্থিত তত্ত্বের প্রমাণস্বরূপ দুই একটি উদাহরণ কিম্বা পরীক্ষা দিয়া তাহা শেষ করা হয়। এই প্রকার প্রণালী প্রথম শিক্ষার্থীর পক্ষে কতদূর অনুপযোগী, তাহা প্রত্যেক অভিজ্ঞ ব্যক্তিমাত্রেই অবগত আছেন। পদার্থ-সম্বন্ধে তত্ত্বশিক্ষা ব্যতীত তৎসঙ্গে যাহাতে ন্যায়শাস্ত্রসঙ্গত বিচারশক্তিবৃত্তি পরিণত হয়, তাহাও বিজ্ঞান শিক্ষার অন্যতর উদ্দেশ্য। এজন্য আমি এই পুস্তকে উক্ত প্রথা একবারে ত্যাগ করিয়াছি। প্রথমতঃ সহজ সহজ উদাহরণ এবং পরীক্ষা দিয়া অল্পে অল্পে সাধারণ নিয়মে উপনীত হইয়াছি। এই প্রণালীতে শিক্ষার্থীর কৌতূহল ও আগ্রহ উদ্দীপ্ত হইবার বিশেষ সম্ভাবনা।

(৩) পদার্থ-বিজ্ঞানের প্রায় যাবতীয় স্থূল স্থূল তত্ত্বগুলি ইহাতে লিখিত হইয়াছে। চুম্বক-ধর্ম্ম, তাড়িত ও আলোক এপর্য্যন্ত কোন বাঙ্গালা গ্রন্থে সামান্যরূপও লিখিত হয় নাই, এক প্রকার বলা যাইতে পারে। পদার্থ-বিজ্ঞানের অন্যান্য বিষয় অপেক্ষা ঐ সকল বিষয় অল্লায়াসে ও অল্পব্যয়ে শিক্ষা করা যাইতে পারে বলিয়া, এই সকল বিষয়ে যথোপযুক্ত স্থান দিয়াছি।

এই সকল কারণে এবং যথেষ্ট বড় বড় প্রতিকৃতি দেওয়াতে, পুস্তকের

কলেবর কিঞ্চিৎ বড় হইয়াছে। কিন্তু আকারে বড় হইলেও, ইহাতে নিতান্ত মূলতত্ত্ব ভিন্ন কঠিন বিষয় দেওয়া হয় নাই এবং এজন্য পুস্তকের মূল্যও বৃদ্ধি করি নাই। আবশ্যক হইলে, শিক্ষা-বিভাগের কর্ত্তৃপক্ষীয়েরা ইহাকে পাঠ্য পুস্তকরূপে নির্দ্ধারিত করিবার সময় বিবেচনা করিয়া পরীক্ষার জন্য কতকগুলি প্রকরণ বিধি-বদ্ধ করিয়া দিতে পারেন। শুদ্ধ বিদ্যালয়ের ছাত্রগণ ব্যতীত ইংরাজীতে বিজ্ঞানানভিজ্ঞ অপরাপর ব্যক্তি-গণেরও উপকারে আসিতে পারে, এই আশাতেও ইহা রচিত হইয়াছে।

(৪) ছাত্রদিগের সম্মুখে প্রথমেই গণিতশাস্ত্র ধরিলে, তাহারা বিজ্ঞানে বীতস্পৃহ হইয়া পড়ে। এজন্য স্থিতি-বিজ্ঞান, গতি-বিজ্ঞান, প্রায় এক-বারেই ত্যাগ করিয়াছি। গণিতশাস্ত্রের সরলভগ্নাংশ পর্য্যন্ত জ্ঞান থাকিলে, ছাত্র অনায়াসে ইহার বিষয়গুলি হৃদয়ঙ্গম করিতে পারিবে।

(৫) পুস্তকের ভাষা, যতদূর সম্ভব, সরল করিতে চেষ্টা করিয়াছি। বাঙ্গালাভাষা শিক্ষা দেওয়া এ পুস্তকের উদ্দেশ্য নহে। পদার্থ-বিজ্ঞানের অধিকাংশ বিষয়গুলি একেত কঠিন, তাহার উপর আবার ভাষা বুঝি-বার জন্য পরিশ্রম করিতে হইলে, পুস্তক নিতান্ত দুর্ব্বোধ্য ও বিরক্তিকর হইয়া পড়ে। যেখানে বৈজ্ঞানিক শব্দ ব্যবহার অপরিহার্য্য, কেবল সেখানেই তাহা ব্যবহৃত হইয়াছে; এবং ইহাদিগের মধ্যে অধিকাংশ প্রচলিত বৈজ্ঞানিক শব্দ হইতে গ্রহণ করিয়াছি।

(৬) যেখানেই প্রতিকৃতি দিলে বক্তব্য বিষয় আরও বিশদ হইবার সম্ভাবনা, সেই স্থানেই এক বড় প্রতিকৃতি দিয়াছি। সর্ব্বশুদ্ধ ইহাতে ৭৯টি প্রতিকৃতি দেওয়া হইয়াছে। ইহার মধ্যে অনেকগুলি একবারে নূতন; অপরগুলি প্রসিদ্ধ প্রসিদ্ধ ইংরাজি গ্রন্থ হইতে সংগৃহীত হইয়াছে।

উপসংহারে বক্তব্য এই যে, অনেক বিষয়ে নূতন প্রণালী অবলম্বন করাতে, এই পুস্তকের স্থানে স্থানে অসম্পূর্ণতা ও ভাষাগত দোষ লক্ষিত হইবার সম্ভাবনা। যাহা হউক, ইহা দ্বারা ছাত্রগণের বিজ্ঞান-পিপাসা

কিঞ্চিন্মাত্রও বর্দ্ধিত হইলে, শ্রম সার্থক জ্ঞান করিব। কৃতজ্ঞতাসহকারে স্বীকার করিতেছি যে, পুস্তকের ভাষা ও বিষয় সম্বন্ধে বিজ্ঞানজ্ঞ আমার প্রিয়বন্ধু ও রেভেন্‌শা কলেজের সাহিত্যাধ্যাপক শ্রীযুক্ত উপেন্দ্র নাথ মৈত্র, এম্, এ, মহাশয় যথেষ্ট সহায়তা করিয়াছেন।

কলিকাতা, মাদ্রাসা, }
ফাল্গুন, ১২৯৩। }

শ্রীযোগেশচন্দ্র রায়।

দ্বিতীয় ও তৃতীয় সংস্করণের বিজ্ঞাপন।

দ্বিতীয় সংস্করণে বাঙ্গলা লেখকাগ্রগণ্য পণ্ডিতবর শ্রীযুক্ত রজনীকান্ত গুপ্ত মহাশয় পুস্তকের আদ্যোপান্ত সমস্ত দেখিয়া দিয়াছেন। তৃতীয় সংস্করণে গ্রন্থের কোন কোন স্থানের ভাষাগত অস্পষ্টতা সংশোধন করিতে চেষ্টা করা গিয়াছে। আশা করি, দুই এক স্থানের সামান্য পরিবর্ত্তনে শিক্ষক ও শিষ্যের সুবিধা ভিন্ন অসুবিধা হইবে না। এই পুস্তকের কয়েকটি প্রকরণ প্রথম শিক্ষার্থীর দুরূহ বোধ হইতে পারে। এজন্য সেইগুলি তারা-চিহ্ন দ্বারা চিহ্নিত করিলাম। শিক্ষা-বিভাগের কর্ত্তৃপক্ষীয়েরা ইচ্ছা করিলে ঐ প্রকরণগুলি বাদ দিয়া পুস্তকখানি পড়াইতে পারেন। ইহাতে কয়েকটি নূতন প্রতিকৃতি সন্নিবেশিত করা গেল। বালকের পদার্থ-বিজ্ঞানের বিষয় বোধ হইয়াছে কি না, পরীক্ষা করিবার নিমিত্ত পুস্তকের শেষে কতকগুলি প্রশ্ন দেওয়া গেল। তন্মধ্যে কয়েকটি প্রশ্ন এই পুস্তকের নূতন পরীক্ষা বলা যাইতে পারে। যে যে মহোদয় সমালোচকগণ পুস্তকসম্বন্ধে ত্রুটি দেখাইয়া দিয়াছেন, তাঁহাদের নিকট কৃতজ্ঞ রহিলাম। ইতি—

কলিকাতা, মাদ্রাসা, }
বৈশাখ, ১২৯৫। }

শ্রীযোগেশচন্দ্র রায়।

সূচীপত্র।

ষষ্ঠ অধ্যায়।

সপ্তম অধ্যায়।

অষ্টম অধ্যায়।

পদার্থ-বিজ্ঞান।

প্রথম অধ্যায়।

জড়ের বিবরণ।

প্রথম পরিচ্ছেদ।

জড়পদার্থ।

(১) মৌলিক ও যৌগিক পদার্থ। ইন্দ্রিয়-গ্রাহ্য যাবতীয় পদার্থের নাম জড়, অর্থাৎ চক্ষু কর্ণ ত্বক্ প্রভৃতি ইন্দ্রিয়দ্বারা যাহা উপলব্ধ করা যায়, তাহাকে জড়-পদার্থ বলে। আমরা চারিদিকে প্রতিনিয়ত অসংখ্য অসংখ্য পদার্থ দেখিতে পাইতেছি। রসায়ন-বিজ্ঞানের সাহায্যে এই সমস্ত অসংখ্য পদার্থের এক একটি হইতে নানা প্রকার বিভিন্ন পদার্থ বাহির করিতে পারি। কাগজ হইতে চারিটি, জল হইতে দুইটি, লবণ হইতে দুইটি, চিনি হইতে তিনটি উপাদান বাহির করিতে পারা যায়। জলের উপাদান দুইটির নাম অম্লজনক ও জলজনক। এই অম্লজনক ও জলজনক পদার্থ হইতে আর কিছুই বাহির করিতে পারা যায় না। এই শেষোক্ত পদার্থগুলির নাম মৌলিক পদার্থ;

আর কাগজ, লবণ, জল, চিনি ইত্যাদি যাহারা দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক সংযোগে উৎপন্ন হইয়াছে, তাহাদিগকে যৌগিক পদার্থ বলা যায়।

অতএব পৃথিবীস্থ যাবতীয় পদার্থকে আমরা মৌলিক এবং যৌগিক এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করিতে পারি। আজ পর্য্যন্ত পণ্ডিতেরা ৭০টি মৌলিক পদার্থ বাহির করিয়াছেন। এই সকলের মধ্যে অতি অল্পই অযৌগিক অবস্থায় পাওয়া যায়। স্বর্ণ, রৌপ্য, সীসক, পারদ, লৌহ, রাঙ, তাম্র, দস্তা, প্লাটিনম্ প্রভৃতি ধাতুসমুদায় ও জলজনক অঙ্গারক, গন্ধক, প্রস্ফুরক ইত্যাদি মৌলিক পদার্থ। এতদ্ভিন্ন, আর সমুদায় যৌগিক পদার্থ।

সাধারণ কথায় আমরা ক্ষিতি, অপ্, তেজঃ, মরুৎ, ব্যোম, এই পাঁচটিকে ভূত বা মৌলিক পদার্থ বলিয়া থাকি। কিন্তু বিজ্ঞানের সাহায্যে আমরা জানিতে পারি যে, ক্ষিতি বা মৃত্তিকায় অনেকগুলি, অপ্ বা জলে দুইটি এবং মরুৎ বা বায়ুতে প্রধানতঃ দুইটি, মূলপদার্থ আছে। তেজঃ বা উত্তাপ পদার্থ নহে, উহা পদার্থের অবস্থা-বিশেষ; আর ব্যোম বা শূন্য কিছুই নহে।

(২) পদার্থ-বিজ্ঞানের উদ্দেশ্য। যাবতীয় পদার্থ আমরা নানাবিধ অবস্থায় দেখিতে পাই। কোন পদার্থ কঠিন, কোনটি তরল; কোনটি উষ্ণ, কোনটি শীতল; কোনটি স্বচ্ছ, কোনটি অস্বচ্ছ; কোনটি অন্য পদার্থকে

আকর্ষণ করে, কোনটি বা করে না। জড়পদার্থের এই সকল ও অন্যান্য নানাপ্রকার অবস্থাগত বিভিন্নতা শিক্ষা দেওয়া ও তাহার কারণ অনুসন্ধান করা, পদার্থ-বিজ্ঞানের উদ্দেশ্য।

(৩) অণু ও পরমাণু। মনে কর, কিঞ্চিৎ চিনি লইয়া হামাম্‌দিস্তা কিম্বা শিলদ্বারা খুব সূক্ষ্ম চূর্ণ করিলাম। এই সূক্ষ্মচূর্ণের প্রত্যেক কণিকা চিনিকণিকা। উহা আরও সূক্ষ্মভাবে চূর্ণ কর, প্রত্যেক চূর্ণকণা চিনিকণিকা ভিন্ন আর কিছুই হইবে না। শুদ্ধ পেষণদ্বারা অতিসূক্ষ্ম অংশে বিভক্ত করিতে না পারিলে, ঐ চিনিকণিকা জলে মিশ্রিত করিয়া আরও সূক্ষ্মতর অংশে সহজে ভাগ করিতে পারা যায়। অর্দ্ধ সের চিনি লইয়া দশ সের জলে মিশ্রিত করিলাম। এই চিনি-মিশ্রিত জলের প্রত্যেক কণিকায় চিনি পাওয়া যাইবে। এই প্রকারে আমরা চিনিকে সূক্ষ্ম হইতে সূক্ষ্মতর অংশে বিভক্ত করিতে পারি। কিন্তু খুব পেষণ কিম্বা প্রচুর জল মিশ্রিত করিয়াও উহার মৌলিক উপাদান বাহির করিতে পারা যায় না। চিনিকে যৌগিক অবস্থায় রাখিয়া উহার যে সকল সূক্ষ্মতম অংশ পাওয়া যায়, তৎসমুদয়কে উহার অণু বলে। উহা এত সূক্ষ্ম যে, আমরা অণুবীক্ষণ-যন্ত্রের সাহায্যেও দেখিতে পাই না। যে কারণে চিনির উপাদানগুলি সংযুক্ত হইয়া চিনির অণু উৎপন্ন করিয়াছে, তাহাকে রাসায়নিক বল কহে। এই

বলের প্রভাবে বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের অতি সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম অংশসকল সংযুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে। মৌলিক পদার্থের সূক্ষ্মতম অংশকে পরমাণু বলে। তবেই দেখা যাইতেছে যে, দুই বা ততোধিক পরমাণুর সমষ্টিতে একটি অণু হয়।

(৪) পদার্থের ত্রিবিধ অবস্থা। লৌহ, প্রস্তর, কাষ্ঠ, প্রভৃতি কতকগুলি পদার্থকে দ্বিখণ্ড করা বড় সহজ নহে। ঐ সকল পদার্থের অংশসকল পরস্পর দৃঢ়সংবদ্ধ। ঐ পদার্থগুলিকে কঠিন পদার্থ বলা যায়। কঠিন পদার্থের বিশেষ আকৃতি বা গঠন আছে। এক খানা পুস্তকের এক প্রকার গঠন; একখণ্ড লৌহের আর এক প্রকার গঠন। একটা ঘটির এক প্রকার গঠন; একখানি কাপড়ের আর এক প্রকার গঠন। একটা ঘটি ভাঙ্গিতে যথেষ্ট বলের প্রয়োজন হয়।

কিন্তু জল কিম্বা পারদকে অনায়াসে দুই ভাগ করা যায়। জল কিম্বা পারদের নিজের কোন বিশেষ আকৃতি নাই। এক পাত্র হইতে অপর পাত্রে লইয়া গেলে আকৃতি পরিবর্ত্তিত হইয়া যায়। একটি বাটীর ও একটি থালের জলের আকৃতি এক নহে। কিন্তু থালের জল বাটীতে লইলে জলের আকৃতি এক হইয়া যায়। বাটীর ও থালের জলের নিম্ন ও পার্শ্বদেশ বিভিন্ন আকৃতির, কিন্তু উভয় জলের উপরিদেশ সমতল। এই সকল পদার্থকে তরল পদার্থ বলে।

আবার, বায়ু কিম্বা ধূমকে দুই ভাগ করিতে কিঞ্চিন্মাত্রও বলের প্রয়োজন হয় না। বরং মুখ-খোলা কোন পাত্রে ধূম রাখিলে এবং অপর প্রতিবন্ধক না পাইলে, পাত্র হইতে ধূম বাহির হইয়া চতুর্দ্দিকে ব্যাপ্ত হয়। কঠিন পদার্থের ন্যায় বায়ুর কোন আকৃতি নাই এবং তরল পদার্থের ন্যায় উহার উপরিদেশ সমতলও নহে। অত্যন্ত বৃহৎ বোতলে অত্যল্প ধূম রাখিলে তাহা বোতলের সমস্ত অংশে ব্যাপ্ত হয়। পাত্র যত বড়ই হউক না কেন, সেই পাত্রে অতি অল্প পরিমিত বায়ু রাখিলে তাহা দ্বারা পাত্র পরিপূর্ণ হইবে। এই অসীম প্রসারণ-ক্ষমতা বায়ুর বিশেষ গুণ। বায়ুর মত আর সমস্ত পদার্থকে বায়বীয় পদার্থ বলা যায়।

কতকগুলি পদার্থকে আমরা এই ত্রিবিধ অবস্থায় স্বভাবতঃ দেখিতে পাই। বরফ বা শিলা, জল ও জলীয় বাষ্প, এই সকল, ক্রমান্বয়ে জলের কঠিন, তরল ও বায়বীয় অবস্থা।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ।

জড়ের সাধারণ গুণ।

(৫) যে সকল গুণ জড়ের ত্রিবিধ অবস্থাতেই দেখিতে পাওয়া যায়, তৎসমুদয়কে জড়ের সাধারণ গুণ

বলা যায়। নিম্নলিখিত কয়েকটি গুণ প্রধান।

(৬) বিস্তৃতি। আমরা চারিদিকে যে সমস্ত বস্তু দেখিতে পাই, তৎসমুদয় যে, অল্পাধিক স্থান ব্যাপিয়া থাকে, তাহা সহজেই বুঝা যায়। পুস্তক, কাষ্ঠ প্রভৃতি বস্তু দেখিলেই উহার দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও বেধ দেখিতে পাই। জড়পদার্থের এই তিন দিকে স্থান অধিকার করাকে তাহার বিস্তৃতি বলে। সমস্ত বস্তুরই দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও বেধ আছে। কিন্তু কোন কোন স্থলে বেধ শব্দের পরিবর্ত্তে মোটা, সরু ও গভীর শব্দ ব্যবহার করা যায়। চিঠির কাগজের দৈর্ঘ্য প্রস্থ সহজেই দেখা যায়, কিন্তু উহার বেধ অত্যন্ত অল্প হওয়াতে সহজে পরিমাণ করা যায় না।

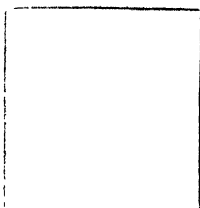
দ্রব্যাদির দৈর্ঘ্য, প্রস্থ, বেধ মাপ করিবার নিয়ম জানা বড় আবশ্যক। ভিন্ন দেশে ভিন্ন প্রকারে মাপিবার নিয়ম আছে। আমাদের দেশে অঙ্গুলি, হাত প্রভৃতি দ্বারা দ্রব্যাদির আয়তন মাপ করা যায়। কিন্তু বিলাতের মাপিবার নিয়ম আমাদের দেশে প্রায় প্রচলিত হইয়া আসিল। তজ্জন্য সেই নিয়মটি এখানে দেওয়া যাইতেছে। একটি পয়সার ব্যাস যতখানি, ততখানিকে এক ইঞ্চ বলে। বারটি পয়সা সারি দিয়া রাখিলে যতখানি লম্বা হয়, তাহা এক ফুট; তিন ফুটে এক গজ; ১৭৬০ গজে এক মাইল। আবার, এক ইঞ্চকে চারি সমভাগে বিভক্ত করিলে এক এক ভাগের নাম "জ"; এক ইঞ্চকে আট সমভাগে ভাগ

করিলে এক এক ভাগের নাম সূতা। এক সূতাকে ভাগ করিয়া অর্দ্ধ সূতা, সিকি সূতা করা যায়।

২ সূতায় ... ১ জ
৪ জ-তে ... ১ ইঞ্চ
১২ ইঞ্চতে ... ১ ফুট
৩ ফুটে ... ১ গজ
১৭৬০ গজে ... ১ মাইল।

এক গজ আমাদের প্রায় দুই হাত। পার্শ্বে ৪ ইঞ্চ লম্বা রেখাকে (১ম চিত্র) সূতা, জ-তে ভাগ করা হইয়াছে। কতখানিতে এক ইঞ্চ হয়, তাহা সকলের জানিয়া রাখা আবশ্যক। এক্ষণে, কোন বস্তুর দৈর্ঘ্য মাপ করিতে হইলে সেই বস্তুর উপর আমাদিগের গজকাঠি বা ফুটকাঠি রাখিয়া দেখিব, কত গজকাঠি বা কত ফুটকাঠি হয়। তিন গজকাঠি হইলে তিন গজ, দুই ফুটকাঠি হইলে দুই ফুট বলিব, ইত্যাদি।

দ্রব্যাদির আয়তন পরিমাণ করিতে হইলে উহার দৈর্ঘ্য ও প্রস্থের মাপ লইয়া হিসাব করিতে হয়। আয়তনকে সারাকালী ও বর্গ আয়তন বলে। যথা, এই পুস্তকের আয়তন ৩০ বর্গইঞ্চ, এই ঘরের মেজের আয়তন

১ম চিত্র।

৬০ বর্গফুট ইত্যাদি। এক ইঞ্চ লম্বা, এক ইঞ্চ প্রস্থে যে আয়তন (২য় চিত্র), তাহা এক বর্গইঞ্চ। এ প্রকার ১৪৪টা বর্গইঞ্চ পরিমিতস্থান সারি সারি রাখিলে যে আয়তন হয়, তাহা এক বর্গ ফুট।

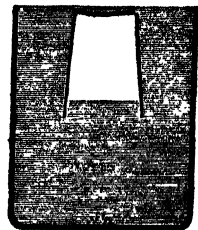
২য় চিত্র।

তিন দিকের পরিমাণ-ফলকে ঘন আয়তন বলে। এক ইঞ্চ দৈর্ঘ্যে, এক ইঞ্চ প্রস্থে ও এক ইঞ্চ বেধে যে স্থান, তাহা এক ঘনইঞ্চ। সেইরূপ এক ফুট লম্বা, এক ফুট চওড়া, এক ফুট মোটা যে স্থান, তাহা এক ঘনফুট। ঘন আয়তন নির্ণয় করিতে হইলে বস্তুটির তিনদিকের মাপ লইয়া হিসাব করিতে হয়।

(৭) স্থানাবরোধকতা। স্পর্শেন্দ্রিয়দ্বারা জড়-পদার্থের আর একটি গুণ সহজেই জানা যায়। যে স্থানে কোন বস্তুর অণু বা পরমাণু রহিয়াছে, সেই স্থানে আমরা অপর কোন বস্তুর অণু বা পরামাণু প্রবেশ করাইতে পারি না। মোটামুটি বলিতে গেলে, বলা যায় যে, একই সময়ে একই স্থানে দুইটি বস্তু থাকিতে পারে না। এই গুণকে জড়ের স্থানাবরোধকতা বলা যায়।

এই গুণ সমুদয় জড়পদার্থে আছে। কঠিন ও তরল পদার্থের এই গুণটি সহজেই দেখা যায়। যেখানে একখানি পুস্তক আছে, তথায় আর একখানি রাখিতে পারা যায় না।

এক বাটী জলে হাত ডুবাইলে কিয়দংশ জল পড়িয়া যায়। যতখানি স্থান নিমজ্জিত হাত অধিকার করে, ততখানি স্থানের জল পড়িয়া যায়।

বায়বীয় পদার্থের এই গুণটি পরীক্ষা দ্বারা জানা যায়। একটা কাচের গেলাসের মুখ (৩য় চিত্র) নিম্নে রাখিয়া একটা বড় পাত্রের জলে ডুবাইলে, বায়ু গেলাসের উপরিভাগ অধিকার করে এবং সে স্থানে জল যাইতে পারে না। আরও দেখা যায় যে, যতখানি স্থান গেলাসের প্রয়োজন, ততখানি স্থানের জল সরিয়া যাওয়াতে জল উপরে উঠে। পাত্র জল-পূর্ণ থাকিলে উহার কিয়দংশ জল পড়িয়া যায়।

৩য় চিত্র

এই জন্যই জলে হুঁকা নিমজ্জিত করিয়া তাহার মুখ বন্ধ করিলে নলের ক্ষুদ্র মুখ দিয়া বায়ু ও জল গমনাগমন করিতে না পারায় হুঁকা জলপূর্ণ হয় না।

(৮) সান্তরতা। ঝামা, সোলা প্রভৃতি কতকগুলি বস্তুর অংশসকলের মধ্যে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র শূন্য স্থান দেখিতে পাওয়া যায়। এই সকল স্থানকে অন্তর বা ছিদ্র বলা যায়। জড়ের এই অন্তর থাকা গুণের নাম সান্তরতা। কাষ্ঠ, কাগজ, বেলেপাথর প্রভৃতি কতকগুলির ছিদ্র অণুবীক্ষণ-যন্ত্র দ্বারা দেখিতে পাওয়া যায়। আবার, কতকগুলির ছিদ্র

এত সূক্ষ্ম যে, যন্ত্রের সাহায্যেও দেখা দুষ্কর। কাষ্ঠের মধ্যে ছিদ্র থাকাতেই কাষ্ঠে প্রেক বিদ্ধ করা সম্ভব। অত্যন্ত কঠিন শিলাখণ্ড অনেক সময় রঞ্জিত করা হয়। উহার মধ্যে ছিদ্রগুলি রঙ্গ-পূর্ণ হওয়াতে, উহা রঞ্জিত হয়।

স্বর্ণ, রৌপ্য, পিত্তল প্রভৃতি ধাতুর মধ্যেও অন্তর আছে। পিটিয়া উহার আয়তন কমান যায়। আবার প্রায় সমুদায় ধাতুকে উষ্ণ অবস্থা হইতে শীতল অবস্থায় আনিলে সঙ্কুচিত হয়। পিটিলে কিম্বা শীতল করিলে, ঐ সকল ধাতুর পরমাণুর বা অণুর আয়তন কম হয় না, কেবল মধ্যবর্ত্তী অন্তর কম হওয়াতে সমুদায় আয়তন কম দেখায়।

তরল পদার্থসকলও সান্তর। এক গেলাস জলে এক গেলাস সুরানির্যাস মিশ্রিত করিলে, সুরামিশ্রিত জল দুই গেলাস না হইয়া কিঞ্চিৎ কম হয়। ইহার কারণ সহজেই বুঝা যায়। সমুদায় পদার্থের অণুসকলের মধ্যে কিঞ্চিৎ কিঞ্চিৎ (অণুর আকৃতি মত অতীব সূক্ষ্ম) শূন্যস্থান আছে। ঐ সকল স্থানকে আণবিক অন্তর বলা যাইতে পারে। সুরা-নির্যাসের অণুগুলি যদি জলের আণবিক অন্তরে প্রবিষ্ট হয়, তাহা হইলে সহজে বুঝা যায় যে, মিশ্রিত জলের আয়তন কম হইয়া যাইবে।

বায়বীয় পদার্থের মধ্যেও অন্তর আছে। একটি বায়ুপূর্ণ বোতলে কিঞ্চিৎ কর্পূর রাখিলে,বোতলস্থ সমস্ত বায়ু কর্পূরের সহিত মিশ্রিত হইয়া যাইবে। ইহা স্থানাবরোধকতা গুণের

ব্যতিক্রম নহে। বায়ুর ও কর্পূর-বাষ্পের আণবিক অন্তর আছে; বায়ুর আণবিক অন্তরে কর্পূরের অণু প্রবিষ্ট হওয়াতে, বায়ু ও কর্পূর-বাষ্প উভয়েই একস্থানে থাকিতে পারে।

এতদ্ভিন্ন, অন্য প্রকারে বায়বীয় পদার্থের সান্তরতা জানিতে পারা যায়। সমুদায় বায়বীয় পদার্থকে চাপ দিয়া অল্পায়তন-বিশিষ্ট করা যায়। ৩য় চিত্রের গেলাসের বায়ু পূর্ব্বাপেক্ষা অল্প স্থান অধিকার করিবে।

তবেই দেখা যাইতেছে যে, জড়ের স্থানাবরোধকতা গুণটি অণুদিগের মধ্যেই আছে (৭ম প্রক)। অর্থাৎ একটি অণু যে স্থানে থাকে সে স্থানে আর একটি অণু আমরা প্রবেশিত করিতে পারি না।

(৯) বিভাজ্যতা। সকল পদার্থকে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অংশে বিভক্ত করিতে পারা যায়। হামাম্‌দিস্তা, শিল কিম্বা যাঁতা দ্বারা অনেক কঠিন দ্রব্য চূর্ণ করা হয়। কিন্তু যে সকল পদার্থ জলে কিম্বা অন্য কোন তরল পদার্থে দ্রব হয়, তৎসমুদায় অতি সূক্ষ্ম অংশে বিভক্ত করা বড় সহজ। $\frac{১}{৩}$ রতি মাজেণ্টা-রঙ্গ এক সের জলে দ্রব করিলে সমুদায় জলে লাল রঙ্গ স্পষ্ট দেখা যায়। সুতরাং ৮০ তোলা $=$ ৮০ $\times$ ১২ মাষা $=$ ৮০ $\times$ ১২ $\times$ ৮রতি $=$ ৭৬৮০ রতি জলে $\frac{১}{৩}$ রতি মাত্র রঙ্গ থাকে; সুতরাং এক রতি জলে $\frac{১}{৩ \times ৭৬৮০} = \frac{১}{২৩০৪০}$ রতি মাত্র রঙ্গ থাকে। অর্থাৎ এক রতি রঙ্গকে এই প্রকারে ২৩,০৪০ অংশে বিভক্ত করা হইল।

প্লাটিনম্ নামক ধাতুর এত সূক্ষ্ম তার প্রস্তুত করা হইয়াছে যে, তাহার ব্যাস $\frac{১}{৩০০০৪০০}$ ইঞ্চ মাত্র; এবং তাহার এক শত চল্লিশটি তার একত্র করিলে এক খেই রেসমের মত স্থূল হয়।

স্বর্ণকে পিটিয়া এত সূক্ষ্ম পাত প্রস্তুত করা যাইতে পারে যে, ১৩,৬০,০০০ পত্রকে উপরি উপরি রাখিলে কেবল মাত্র এক ইঞ্চ পুরু হইবে।

কিন্তু দ্রব্যাদির এত সূক্ষ্ম তার, পাত কিম্বা চূর্ণ প্রস্তুত হইলেও তৎসমুদায় আণবিক অবস্থায় আনা গিয়াছে, বলা যায় না। অণুসকল এত সূক্ষ্ম যে, তাহাদিগের পরিমাণ ধারণা করাও কঠিন। পরমাণুই জড়ের বিভাজ্যতার শেষ সীমা বলা যাইতে পারে।

(১০) জড়ত্ব। যখন কোন একটি বস্তু এক স্থানে থাকে, তখন তাহাকে নিশ্চল বলা যায়। যখন উহা এক স্থান হইতে অন্য স্থানে যায়, তখন উহাকে গতিবিশিষ্ট বা গমন-শীল বলা যায়। এক স্থান হইতে অন্য স্থানে গমনের নাম গতি। কোন একটা বস্তুকে কোন স্থানে রাখিলে তাহা বরাবর সেই স্থানে থাকিবে এবং কোন চলিষ্ণু বস্তু আপনা আপনি থামিতে পারে না। জড়ের এই দুই গুণকে জড়ত্ব বলে। কোন বস্তু চালিত না হইলে চলে না, তাহা প্রতিনিয়ত দেখা যায়, কিন্তু একবার চালিত হইলে তাহাকে বরাবর চলিতে দেখা যায় না।

চলিষ্ণু বস্তুর গতি ক্রমশঃ হ্রাস হইতেই দেখা যায়। কিন্তু মনোযোগপূর্ব্বক দেখিলে বুঝা যায় যে, কিছুতে থামাইয়া দেয় বলিয়া ঐ সকল বস্তু থামে। একটি গোলক পথের উপরে চালাইয়া দিলে উহা কিয়ৎ কাল চলিয়া থামিয়া যায়। কিন্তু লম্বা মসৃণ কাষ্ঠের উপর কিম্বা ঘরের মেজের উপর চালিত হইলে উহা বেশী দূর যায়। পথের উপর ও মসৃণ কাষ্ঠের উপর চালিত গোলকের অল্প ও বেশী দূর যাওয়ার কারণ কি? কারণ এই যে, পথের উচ্চ ও নীচ স্থানসকল চালিত গোলকের গতি ক্রমাগত নষ্ট করিতে চেষ্টা করে। কিন্তু কাষ্ঠ মসৃণ হওয়াতে অর্থাৎ উহাতে উচ্চনীচ স্থান অল্প থাকায়, চলিষ্ণু গোলকের গতির অল্প প্রতিবন্ধক পড়ে।

খেলাইবার লাটিম কোন কাচপাত্রে ঘূরাইলে উহাকে অর্দ্ধঘণ্টা পর্য্যন্ত ঘূরাইতে পারা যায়। এস্থলে লাটিমের সূচীভাগমাত্র পাত্রের অমসৃণতার সহিত ঘর্ষিত হইতেছে। এতদ্ব্যতীত, বায়ুও গতির প্রতিবন্ধক হয়। এজন্য উক্ত লাটিম বায়ুশূন্য স্থানে ঘূরাইলে উহা তিন ঘণ্টা পর্য্যন্ত ঘূরিতে দেখা যায়। সুতরাং আমরা দেখিতেছি যে, চলিষ্ণু বস্তু কোনরূপ প্রতিবন্ধক না পাইলে বরাবরই চলিতে থাকিবে।

যাঁতা প্রথমে চালাইতে গেলে অনেক বলের প্রয়োজন হয়। কিন্তু একবার ঘূরিলে আর তত বলের প্রয়োজন হয় না। কারণ ঘূর্ণায়মান যাঁতা স্বয়ং ঘূরিতে চেষ্টা করে।

আবার, ঘূর্ণায়মান যাঁতা নিশ্চল করিতে, চালিত করিতে যত বলের প্রয়োজন হইয়াছিল, প্রায় তত বল আবশ্যক হয়।

হঠাৎ নৌকা চালিত করিলে, নৌকায় দণ্ডায়মান মনুষ্য নৌকার গতির পশ্চাৎ দিকে পতিত হয়। ইহার কারণ এই যে, নৌকার গতির সঙ্গে তাহার পায়ের গতি হয়, কিন্তু তৎসঙ্গে শরীরের উপরিভাগের ও মস্তকের গতি তৎক্ষণাৎ হয় না। উহারা যে স্থানে ছিল সেই স্থানে থাকিতে চেষ্টা করে, সুতরাং মনুষ্য নৌকার গতির পশ্চাৎ দিকে পতিত হয়। সেইরূপ, কোন চলিষ্ণু নৌকা হঠাৎ থামিলে, মনুষ্যের পদদ্বয়ের গতি নৌকার গতির সহিত নষ্ট হয়, কিন্তু তাহার মস্তকের ও শরীরের উপরিভাগের গতি পূর্ব্ববৎ থাকে। সুতরাং নৌকার গতির দিকে সে পতিত হয়।

কোন একটি খাল লম্ফ দিয়া পার হইতে হইলে অনেকে পশ্চাৎ দিক্ হইতে দৌড়িয়া আসিয়া অনায়াসে পার হইতে সমর্থ হন। কিন্তু খালের পার্শ্ব হইতে লম্ফ দিয়া পার হওয়া, হয়ত কঠিন হয়। ইহার কারণ এই যে, পার হইবার দিকে দৌড়ান হেতু তাঁহার শরীরে সেই দিকের গতি হয়, সুতরাং সেই গতির সহিত অল্পাধিক চেষ্টায় খাল পার হইয়া যান।

জড়ত্ব গুণটি নিম্নলিখিত পরীক্ষাটি দ্বারাও বেশ জানা যায়। মসৃণ টেবেলের উপর একখণ্ড কাগজ ও তদুপরি একটি মুদ্রা রাখিয়া, হঠাৎ কাগজখানি টানিয়া লইলে

কাগজখানি চলিয়া আসিবে, কিন্তু মুদ্রাটি টেবিলের যেখানে ছিল, সেইখানেই পড়িয়া রহিবে। কাগজের গতির সঙ্গে মুদ্রার গতি না হওয়াতে, এবং মুদ্রা নিজে চলিষ্ণু না হওয়াতে, কাগজের সঙ্গে আসিতে পারিল না। এই পরীক্ষায় যদি কাগজখানি ধীরে ধীরে টানা যায়, তাহা হইলে কাগজের গতি, মুদ্রার গতি উৎপন্ন করিবে, এবং তখন কাগজ ও মুদ্রা উভয় চালিত হইবে।

তৃতীয় পরিচ্ছেদ।

গতি ও বল।

(১৩) গতির বেগ। জগতের কোন বস্তুই নিশ্চল অবস্থায় নাই। পৃথিবীকে আপাততঃ নিশ্চল বোধ হয়, কিন্তু উহা তদুপরিস্থ যাবতীয় পদার্থ লইয়া দ্রুতবেগে সূর্য্য প্রদক্ষিণ করিতেছে। পৃথিবীর সঙ্গে সঙ্গে আমাদিগেরও গতি হওয়াতে পৃথিবীকে স্থির বলিয়া বোধ হয়। কোন বস্তু গতি-বিশিষ্ট বলিলে তাহা একস্থান হইতে অন্য স্থানে যাইতেছে বুঝায়। কিন্তু ধীরে কি প্রবল বেগে যাইতেছে এবং কোন্ দিক্ হইতে কোন্ দিকে যাইতেছে, তাহার বিষয় জানিবার ইচ্ছা হয়। মনে কর, কোন ব্যক্তি রাম-

নগর হইতে ৮ মাইল দূরবর্ত্তী কৃষ্ণপুর গ্রামে দৌড়িয়া ২ ঘণ্টায় পঁহুছিল। আর এক ব্যক্তি উক্ত রামনগর হইতে কৃষ্ণপুর ১॥০ ঘণ্টায় পঁহুছিল। এখানে, দ্বিতীয় ব্যক্তির গতি, প্রথম ব্যক্তির গতি অপেক্ষা দ্রুত এবং প্রথম ব্যক্তির গতি দ্বিতীয় ব্যক্তির গতি অপেক্ষা ধীর বলা যায়। গতির এইরূপ ধীরতা কিম্বা দ্রুততার নাম গতির বেগ। কোন বস্তুর গতির বেগ নির্ণয় করিতে হইলে সেই বস্তুটি এক ঘণ্টায় বা এক মিনিটে বা অন্য কোন নির্দ্দিষ্ট সময়ের মধ্যে কত-খানি পথ অতিক্রম করিয়াছে জানিতে হইবে। আমাদের উদাহরণের প্রথম ব্যক্তির গতির বেগ ২ ঘণ্টায় ৮ মাইল, অর্থাৎ প্রতি ঘণ্টায় ৪ মাইল; এবং দ্বিতীয় ব্যক্তির গতির বেগ ১॥০ ঘণ্টায় ৮ মাইল অর্থাৎ প্রতি ঘণ্টায় ৫.৩ মাইল।

(১৪) গতির দিক্। চলিষ্ণু বস্তু কোন্ দিক্ হইতে কোন্ দিকে যাইতেছে, তাহা জানা আবশ্যক। কৃষ্ণপুর রামনগরের ঠিক পূর্ব্ব হইলে, ঐ ব্যক্তিদ্বয়ের গতির দিক্ পশ্চিম হইতে পূর্ব্ব বলা যাইবে।

(১৫) বিষম গতি। চলিষ্ণু পদার্থ সমান সময়ে সমান পথ অতিক্রম করিলে, তাহার গতিকে সমগতি ও বেগকে সমবেগ বলা যায়। কোন নৌকা প্রথম ঘণ্টায় ৪ মাইল, দ্বিতীয় ঘণ্টায় ৪ মাইল, তৃতীয় ঘণ্টায় ৪ মাইল, বরাবর প্রতি ঘণ্টায় ৪ মাইল পথ অতিক্রম করিলে, তাহা সমগতি ও সমবেগ-বিশিষ্ট বলা যায়। কিন্তু চলিষ্ণু পদার্থ

প্রতি ঘণ্টায় ভিন্ন ভিন্ন পরিমিত পথ অতিক্রম করিলে তাহার গতিকে বিষম গতি ও বেগকে বিষম বেগ বলে।

(১৬) বল। নিশ্চল পদার্থকে যাহা চালিত করে কিম্বা চলিষ্ণু পদার্থকে যাহা নিশ্চল করে, তাহার নাম বল। একখানি নৌকা ঠেলিয়া দেওয়াতে তাহা চলিতে লাগিল। এখানে নৌকায় বল প্রযুক্ত হইয়াছে। আবার, কোন চলিষ্ণু নৌকা ধরিয়া কেহ থামাইল, এখানেও তাহাতে বল প্রযুক্ত হইয়াছে। পূর্ব্বে বলা হইয়াছে যে, পদার্থের জড়ত্বগুণ হেতু (১২ প্রক) নিশ্চল পদার্থ স্বয়ং চলিষ্ণু হইতে পারে না, কিম্বা চলিষ্ণু পদার্থ স্বয়ং নিশ্চল হইতে পারে না, অর্থাৎ তাহার চলিষ্ণু কিম্বা নিশ্চল অবস্থা স্বয়ং পরিবর্ত্তন করিতে পারে না। অতএব কোন নিশ্চল পদার্থকে গতি-বিশিষ্ট হইতে কিম্বা কোন গতিবিশিষ্ট পদার্থকে নিশ্চল হইতে, অর্থাৎ তাহার চলিষ্ণু কিম্বা নিশ্চল অবস্থা পরিবর্ত্তিত হইতে দেখিলে, সেই পদার্থে কিছু বাহিরের বল প্রযুক্ত হইয়াছে, নিশ্চয় জানা যায়।

(১৭) মাধ্যাকর্ষণ। কিয়ৎ পরিমাণ বল প্রয়োগ না করিলে একখানি প্রস্তর কিম্বা একখানি পুস্তক উত্তোলন করা যায় না। আবার ঊর্দ্ধে তুলিয়া প্রস্তরখানি ছাড়িয়া দিলে, তাহা ভূমিতলে পতিত হয়। ইহার কারণ পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণ-বল। যে বল পৃথিবীর কেন্দ্রাভিমুখে যাবতীয় পদার্থকে আকর্ষণ করে, তাহার নাম মাধ্যাকর্ষণ। জড়পদার্থ-

মাত্রই মাধ্যাকর্ষণের অধীন। এজন্য বলিতে পারি যে, যাহা পৃথিবী কর্ত্তৃক আকৃষ্ট হয়, তাহা জড়পদার্থ।

(১৮) **মাধ্যাকর্ষণ-জনিত বেগ সকল পদার্থে সমান।** একখণ্ড কাগজ ও একখণ্ড সীসক একই স্থান হইতে যুগপৎ ছাড়িয়া দিলে, সীসকখণ্ডকে অগ্রে ভূমিতলে পতিত হইতে দেখা যায়। ইহাতে অনুমান হইতে পারে যে, মাধ্যাকর্ষণ-বল লঘু পদার্থ অপেক্ষা গুরু পদার্থকে শীঘ্র টানিয়া লয়। কিন্তু বাস্তবিক তাহা নহে। কি লঘু, কি গুরু সকল পদার্থই একই বেগে ভূমিতলে পতিত হয়। বায়ুর প্রতিবন্ধকতা, লঘু ও গুরু বস্তুকে এক সময়ে ভূমিতলে পতিত হইতে দেয় না। লঘু বস্তু অপেক্ষা গুরু বস্তু সহজে বায়ুর প্রতিবন্ধকতা অতিক্রম করিতে পারে বলিয়া গুরু বস্তুকে অগ্রে পতিত হইতে দেখা যায়। পণ্ডিতেরা নির্ব্বাত স্থানে সকল পদার্থকে সমান বেগে পতিত হইতে দেখিয়াছেন। নিম্নলিখিত পরীক্ষাদ্বারা ইহা মোটামুটি দেখান যাইতে পারে।

একটি পয়সা অপেক্ষা কিঞ্চিৎ ছোট একটি কাগজের চাকতি কাটিয়া পয়সার উপর রাখ। পরে পয়সাটি ঠিক সমতলভাবে ধরিয়া এক কি দুই হাত ঊর্দ্ধ হইতে ছাড়িয়া দিলে, পয়সা ও কাগজ এক সময়ে ভূমি স্পর্শ করিবে। ইহার কারণ এই যে, পড়িবার সময় পয়সা তাহার সম্মুখস্থ বায়ু সরাইয়া দেওয়াতে, কাগজ বায়ুর প্রতিবন্ধকতা পায়

মা। দুইটি পৃথক্ করিয়া ছাড়িয়া দিলে, পয়সাটি অগ্রে ও কাগজটি পরে বক্রভাবে ভূমিতলে পতিত হয়।

(১৯) লম্বরেখা ও সমতল। যে সরলরেখাক্রমে পদার্থসকল ভূমিতলে পতিত হয়, তাহার নাম লম্বরেখা। একখণ্ড সীসক বা ইষ্টক সংলগ্ন সূত্রের এক প্রান্ত ধরিয়া ঝুলাইলে সূত্র ঠিক লম্বভাবে অবস্থিতি করে। ইহাকে ওলনদড়ি বলে। এতদ্দ্বারা মিস্ত্রিরা কোন দেওয়াল ঠিক লম্বভাবে উঠিতেছে কি না, নিরূপণ করে।

লম্বরেখার সমকোণে অবস্থিত তলের নাম সমতল ও রেখার নাম সমতলরেখা।

(২০) পদার্থের গুরুত্ব। পদার্থের গুরুত্বের কারণ মাধ্যাকর্ষণ। কঠিন ও তরল পদার্থের অল্পাধিক ভার আছে, তাহা অনায়াসে দেখা যায়। ধূম ঊর্দ্ধে উত্থিত হইতে দেখিয়া উহার ভার নাই বলিয়া আপাততঃ মনে হইতে পারে। কিন্তু বাস্তবিক তাহা নহে। যেমন তৈলের ভার সত্ত্বেও তাহা জলের উপর ভাসে, তদ্রূপ ধূমের ভার সত্ত্বেও তাহা বায়ুর উপর ভাসে। ধূমের গুরুত্বের প্রমাণ পরে (৪২ প্রক) দেওয়া যাইবে।

কোন পদার্থের উপর পৃথিবীর সমগ্র আকর্ষণ-ফলের নাম, সেই পদার্থের ভার বা গুরুত্ব। যে সকল দ্রব্যের ভারের সহিত অন্যান্য দ্রব্যের ভার তুলনা করা হয়, তাহাদিগকে পড়েন বা বাটখারা বলে। এ দেশে নিম্নলিখিত

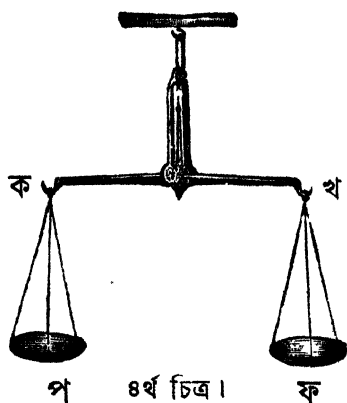
প্রণালীতে দ্রব্যাদির ভার নির্ণীত হয়। একটি টাকার যতখানি ভার, তাহার নাম এক তোলা। ইহা ইংরাজি ১৮০ গ্রেণ। এক তোলাকে ভাগ ও গুণ করিয়া অন্যান্য পড়েন পাওয়া যায়।

৪ ধান = ১ রতি (ইংরাজি ১.৮৭৬ গ্রেণ)
৮ রতি = ১ মাষা
১২ মাষা = ১ তোলা
৫ তোলা = ১ ছটাক
৪ ছটাক = ১ পোয়া
৪ পোয়া = ১ সের
৪০ সের = ১ মণ (ইংরাজি প্রায় ৮২ পৌণ্ড)

(২১) তুলাদণ্ড। তুলাদণ্ডদ্বারা দুইটি বস্তুর ভার সমান কি না, তাহা নিরূপণ করা যায়। পড়েনের ভারের সহিত কোন পদার্থের ভার তুলনা করিলে, সেই পদার্থের ভার জানা যায়। অপর পৃষ্ঠাস্থ প্রতিকৃতিতে (৪র্থ চিত্র) একটি তুলাদণ্ড দেখান হইয়াছে।

ক খ একটি লৌহ কিম্বা পিত্তল দণ্ডের মধ্যস্থলে এক ত্রিকোণফলক দৃঢ়ভাবে সংলগ্ন আছে। ফলকের উপরে একটি স্থচী বা কাঁটা থাকে। এই ফলক দুইটি গোল আশ্রয়ের উপর স্থির আছে। ক খ দণ্ডকে দাঁড়ি বলে। দাঁড়ির দুই প্রান্ত হইতে প ফ দুইটি পাল্লা ঝুলান আছে। একটি পাল্লায় পড়েন, অন্যটিতে যে দ্রব্যের ভার জানিতে

হইবে, তাহা রাখিতে হয়। দাঁড়ি কোন দিকে না হেলিয়া, ঠিক সমতল থাকিলে জানা যায় যে, পড়েন ও দ্রব্যের ভার ঠিক সমান হইয়াছে। তখন কাঁটা ঠিক লম্বভাবে থাকে।

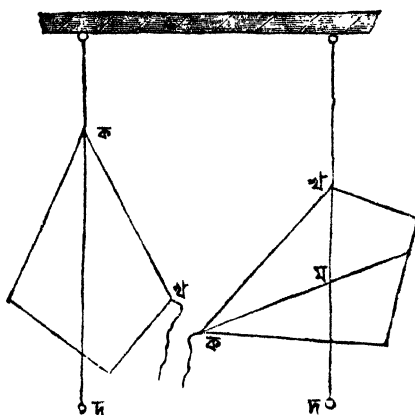
৪র্থ চিত্র।

(২২) আপেক্ষিক গুরুত্ব। সমান আয়তনবিশিষ্ট ভিন্ন ভিন্ন পদার্থের ভার এক নহে। একখণ্ড সীসক তাহার সমান আয়তনবিশিষ্ট কাষ্ঠ অপেক্ষা অনেক ভারি। কোন বস্তু অপর কোন সমান আয়তনবিশিষ্ট বস্তু অপেক্ষা কত গুণ ভারি, তাহা জানা অনেক সময় আবশ্যক হয়। সচরাচর তরল ও কঠিন পদার্থের ভার, ঐ দুই পদার্থের সমআয়তনবিশিষ্ট জলের ভারের সহিত তুলনা করা হইয়া থাকে।

কোন কঠিন কিম্বা তরল পদার্থের ভার এবং উহার সমান আয়তনবিশিষ্ট জলের ভার, এতদুভয়ের অনুপাত-ফলকে সেই কঠিন কিম্বা তরল বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব কহে।

এক ঘন ইঞ্চ সীসক এক ঘন ইঞ্চ জল অপেক্ষা প্রায় ১১ গুণ ভারি। এক ঘন ইঞ্চ পারদ এক ঘন ইঞ্চ জল অপেক্ষা প্রায় ১৩৷৷০ গুণ ভারি। সীসকের ১১ এবং পারদের ১৩৷৷০, আপেক্ষিক গুরুত্ব। পদার্থসকলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় প্রণালী পরে বলা যাইবে।

(২২) **পদার্থের ভারকেন্দ্র।** কোন সমস্থূল দণ্ড তুলাদণ্ডের ন্যায় মধ্যস্থলে আশ্রয় পাইলে, তাহা কোন দিকে না হেলিয়া ঠিক সমতল রেখায় অবস্থিতি করে। ইহার কারণ এই যে, মধ্য বিন্দুব দুই পার্শ্বে সমপরিমিত জড়পদার্থ থাকাতে তাহাদের উপর মাধ্যাকর্ষণ-বল সমান; সুতরাং মাধ্যাকর্ষণ-বল কোন দিক্‌কেই বেশী আকর্ষণ করে না। দণ্ডের দুইটি প্রান্তে দুইটি সম-গুরু পদার্থ ঝুলাইলেও তাহার অবস্থান বিচলিত হইবে না। প্রত্যেক পদার্থের এই প্রকার এক বিন্দু আছে। সেই বিন্দুতেই যেন মাধ্যাকর্ষণ কার্য্য করিতেছে। তজ্জন্য সেই বিন্দুটি আশ্রয় পাইলে সমগ্র পদার্থ আশ্রয় পায়। ঐ বিন্দুর নাম পদার্থেব ভারকেন্দ্র।

সূত্র দিয়া ঝুলাইয়া পদার্থের ভারকেন্দ্র স্থির করিতে পারা যায়। মনে কর, কোন চতুষ্কোণ পাতের ভারকেন্দ্র নিরূপণ করিতে হইবে (৫ম চিত্র)। ক চিহ্নিত কোন এক কোণ হইতে সূত্র বাঁধিয়া পাতকে ঝুলান গেল। ক কোণ হইতে ক দ একটি ওলনদড়ি পাতের সহিত ঝুলিতেছে। পূর্ব্বে বলিয়াছি যে, মাধ্যাকর্ষণ-প্রভাবে ওলনদড়ি ঠিক

লম্বভাবে থাকে। সুতরাং সূতার পার্শ্ব দিয়া পাতের উপর এক রেখা অঙ্কিত করিলে, তাহা লম্বরেখা হইবে। পরে খ চিহ্নিত কোণ হইতে ওলনদড়ির সহিত পাতটি ঝুলাইলে খ দ রেখা লম্বরেখা হইবে। খ দ রেখা ম বিন্দুতে ক দ রেখাকে

৫ম চিত্র।

কাটিয়াছে। পরে অন্য কোন কোণ হইতে পাতকে ঝুলাইলে তথা হইতেও লম্বরেখা ম বিন্দু দিয়া যাইবে। এইরূপ যে কোন কোণ বা অংশ হইতে পাতটি ঝুলান যাউক, সমস্ত রেখাগুলি ঐ বিন্দু দিয়া যাইবে।

এক্ষণে ম বিন্দুতে সূত্র বাঁধিয়া ঝুলাইলে পাতটি ঠিক সমতল ভাবে থাকিবে। ম বিন্দু টেবিলের প্রান্তে এবং অপরাংশ টেবিলের বাহিরে রাখিলে তাহা পতিত

হইবে না। অর্থাৎ ম বিন্দু আশ্রয় পাইলে সমস্ত পাতটি আশ্রয় পায়। ঐ বিন্দু উক্ত পাতের ভারকেন্দ্র।

তবেই দেখা যাইতেছে যে, পুস্তক, টেবিল, পেন্‌সিল প্রভৃতি পদার্থ স্থিরভাবে থাকিতে দেখিলে বুঝা যায় যে, তাহাদেব ভারকেন্দ্র কোনরূপে আশ্রয় পাইয়াছে। ভিন্ন ভিন্ন পদার্থের ভারকেন্দ্র পদার্থের ভিন্ন ভিন্ন স্থানে। গোল-কের ভারকেন্দ্র তাহার কেন্দ্রে, চতুষ্কোণ সমস্থূল শ্লেটের ভারকেন্দ্র তাহার মধ্যস্থলে।

(২৪) সংহতি। পূর্ব্বে (৪ প্রক) বলিয়াছি যে, কঠিন পদার্থের অংশসকল পৃথক্ করিতে অল্পাধিক বলের প্রয়োজন হয়। যাহা কোন পদার্থের অংশসকলকে পরস্পর দৃঢ়-সংবদ্ধ রাখে এবং যাহা পদার্থের অংশসকলকে পৃথক্ হইতে দেয় না, তাহাব নাম সংহতি-বল। তরল পদার্থকে পৃথক্ করিতে অত্যল্প বলের প্রয়োজন হয়, সুতরাং উহার সংহতি-বল অল্প। কিন্তু কোন বায়বীয় পদার্থের অংশসকল পৃথক্ করিতে আদৌ বলের প্রয়োজন হয় না, বরং উহার অংশসকল একত্র রাখিতে বলের প্রয়োজন হয়। সুতরাং সংহতি-বল-জনিত আকর্ষণ বায়বীয় পদার্থের অংশ-সকলের মধ্যে নাই, বরং উহার মধ্যে বিপ্রকর্ষণ-বল থাকাতে উহার অংশসকল পরস্পরের নিকট হইতে পরস্পর পলায়ন করে। এই বিপ্রকর্ষণ-বল বায়বীয় পদার্থের অসীম প্রসারণ-ক্ষমতার কারণ।

তরল পদার্থের সংহতি এত অল্প যে, সাধারণতঃ উহার অস্তিত্ব জানা যায় না। জলে হাত ডুবাইতে গেলে হাত কোন প্রতিবন্ধক পায় না বলিয়া বোধ হয়। ইহা দ্বারা অনুমান হইতে পারে যে, তরল পদার্থের সংহতি-বল নাই। কিন্তু জল এক পাত্র হইতে অন্য পাত্রে ঢালিবার সময় সূক্ষ্ম কণার ন্যায় না পড়িয়া ফোঁটা ফোঁটা হইয়া পড়ে। এই ফোঁটা হওয়ার কারণ জলের সংহতি-বল।

একটি ক্ষুদ্র শুষ্ক সূচী জলের উপর সমতলভাবে রাখিলে নিমগ্ন হয় না, কারণ উহার অল্প ভার জলের সংহতি-বল বিনষ্ট করিতে পারে না। কিন্তু যদি সূচীর অগ্রভাগ জলে নিমজ্জিত করা যায়, তৎক্ষণাৎ সমগ্র সূচীটি জল-নিমগ্ন হয়। এতদ্দ্বারা বুঝা যাইতেছে, জল অপেক্ষা সূচী লঘু নহে, সুতরাং তজ্জন্য উহা জলে ভাসে না; উহার সামান্য ভার জলের সংহতি-বল বিনষ্ট করিতে না পারায়, উহা জলে ভাসে।

কিঞ্চিৎ জলে সাবান দ্রব করিয়া বড় বড় বুদ্‌বুদ্‌ উৎপন্ন করা যাইতে পারে। এই বুদ্‌বুদের উৎপত্তির কারণও ঐ সাবান-মিশ্রিত জলের সংহতি।

কোন পদার্থের অংশসকল নিতান্ত অল্প দূরবর্ত্তী থাকিলে সংহতি-বল তাহাদিগকে একত্রিত করিতে পারে। অন্তর কিঞ্চিৎ বেশী হইলে আর কার্য্য করিতে পারে না। একখণ্ড চা-খড়িকে একবার চূর্ণ করিলে আর তাহাকে সংহতি-বলে একটি খড়ি করিতে পারে না।

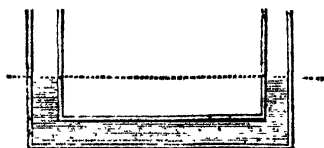
কিন্তু কোন বস্তুর পৃথক্-কৃত অংশকে নিতান্ত নিকটে আনিতে পারিলে সংহতি-বল অংশসকলকে একত্রিত করিয়া একটি একটি বস্তু উৎপন্ন করিতে পারে। একখণ্ড সীসক কাটিয়া তৎক্ষণাৎ তাহার কর্ত্তিত ও মসৃণ পৃষ্ঠদ্বয়কে একত্রিত করিয়া কিঞ্চিৎ চাপিলে সংহতি-বল দুইটিকে এক করিয়া দেয়, এবং তখন ঐ খণ্ডদ্বয় পুনর্ব্বার পৃথক্ করিতে বিস্তর বলের প্রয়োজন হয়।

দ্বিতীয় অধ্যায়।

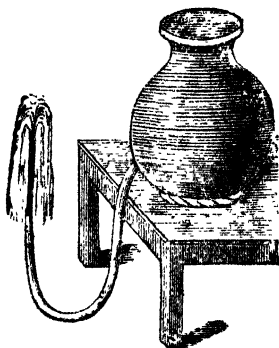
তরল পদার্থ।

(২৫) তরল পদার্থের উপরিভাগ সমতল। তরল পদার্থের অণুসকলের মধ্যে অত্যল্প সংহতি-বল থাকায় উহার আকৃতি অনায়াসে পরিবর্ত্তন করিতে পারা যায়। এক গ্লাসের জল ঢালিয়া এক বাটী কিম্বা থাল পূর্ণ করিলে, জলের ঘন আয়তনের কোন পরিবর্ত্তন হয় না। কিন্তু উপরিভাগের আকৃতি ভিন্ন অন্যান্য সমুদায় অংশের আকৃতির প্রভেদ হইয়া যায়। যে কোন তরল পদার্থ যে কোন আকৃতিবিশিষ্ট পাত্রে রাখা যাউক, তাহার উপরিভাগ সর্ব্বদা সমতল থাকে।

দুই তিনটি বিভিন্ন আকৃতির পাত্র নলদ্বারা যোগ করিয়া জলপূর্ণ করিলে সকল পাত্রের জলের উপরিভাগ এক সমতলে থাকে। গাড়ু জলপূর্ণ করিলে নলের ও মুখের জল এক সমতলে দেখা যায়।

কোন দুইটি স্থান এক সমতলে কি না, তাহা জানিবার জন্য তরলপদার্থের এই গুণ অবলম্বনে যন্ত্র প্রস্তুত হইয়াছে।

৬ষ্ঠ চিত্র।

পার্শ্বস্থ প্রতিকৃতিতে (৬ষ্ঠ চিত্র) কাচের এক বক্র নল কিয়দংশ জলপূর্ণ করিয়া দেখান হইয়াছে। এখানে দুইটী বাহুর জল এক সমতলে আছে। সুতরাং এই দুই বাহুর জলের উপরিভাগের সমসূত্রে চক্ষু রাখিলে চক্ষুর সমসূত্রস্থিত সমুদায় স্থান, এক সমতলে অবস্থিত।

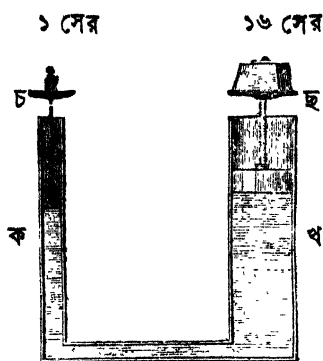
টেবিলের উপর কিম্বা অন্য কোন উচ্চ স্থানে এক জল-পূর্ণ কলস (৭ম চিত্র) রাখিয়া তাহার নিম্নদেশে এক ছিদ্র করিয়া তাহাতে কাচ কিম্বা রবরের নল সংযুক্ত করিলে, নলের মুখ দিয়া জল উৎক্ষিপ্ত হইয়া জলের ফোয়ারা উৎপন্ন হয়। এখানে নলের মুখ দিয়া জল উঠিয়া কলসের জলের উপরিভাগের সহিত এক সমতলে থাকিতে চায়। কিন্তু বায়ুর প্রতিবন্ধকতা হেতু এবং উৎক্ষিপ্ত জলের ভার নিম্ন জলের উপর পতিত হওয়ায়, ফোয়ারার জল কলসের উপরিভাগের কিঞ্চিৎ নিম্নে থাকে।

৭ম চিত্র।

(২৬) তরল পদার্থের চাপ-সঞ্চালকতা।

জড়পদার্থের এক স্থানে প্রযুক্ত চাপ অন্য স্থানে চালিত হয়। এই গুণকে চাপ-সঞ্চালকতা বলে। একটি যষ্টি ভূমির উপর রাখিয়া উহার মস্তকে আঘাত কিম্বা চাপ প্রয়োগ করিলে চাপ যষ্টি দিয়া ভূমির উপর গিয়া পড়ে। যষ্টির ভার ছাড়িয়া দিলে, দেখা যায় যে যতখানি চাপ যষ্টির মস্তকে প্রয়োগ করা যায়, ঠিক ততখানি চাপ ভূমিতে পড়ে। কিন্তু সে চাপ যষ্টির পার্শ্বদেশে আদৌ অনুভূত হয় না। তবেই দেখা যায় যে, কঠিন পদার্থে যে সরল রেখাক্রমে চাপ প্রয়োগ করা যায়, কেবল সেই রেখাক্রমে তাহাতে চাপ সঞ্চালিত হয়। কিন্তু তরল পদার্থের যে কোন স্থানে চাপ প্রয়োগ করিলে, তাহা সর্ব্ব দিকে সঞ্চালিত হয়।

তরল পদার্থে সংহতি-বল অল্প হওয়ায় চাপ-সঞ্চালকতা গুণ ইহাতে বিশেষভাবে লক্ষিত হয়। একটি জলপূর্ণ বোতলের মুখ ছিপিদ্বারা দৃঢ়ভাবে বদ্ধ করিয়া, ছিপির উপর চাপ প্রয়োগ করিলে সেই চাপ জল দিয়া বোতলের সর্ব্বত্র সঞ্চালিত হইয়া বোতলকে ভাঙ্গিয়া ফেলে।

(২৭) পাত্রের বর্গ আয়তন অনুসারে চাপ।

তরল পদার্থের চাপ-সঞ্চালকতা গুণ একটু ভাল করিয়া দেখা যাউক। ৮ম চিত্রে ক ও খ দুইটি পিত্তল কিম্বা দৃঢ় কাচের চোঙ্গ গ নলদ্বারা সংযুক্ত আছে। মনে কর, খ

৮ম চিত্র।

চোঙ্গের বর্গায়তন ক চোঙ্গের বর্গায়তনের ষোল গুণ। চ ও ছ দুইটি অর্গল দুইটি চোঙ্গে, পিচ্‌কিরীর অর্গলের ন্যায়, যাতায়াত করিতে পারে। এক্ষণে অর্গল উঠাইয়া পাত্র জলপূর্ণ করিলে দুইটি চোঙ্গের জল অবশ্য (২৫ প্রক) এক সমতল হইবে। পরে অর্গল দিয়া মুখ বন্ধ করণান্তর, চ অর্গলের মস্তকে এক সের ভারবিশিষ্ট কোন দ্রব্য রাখ। এক্ষণে ঐ দ্রব্যের ভার-জনিত চাপ জল দিয়া সঞ্চালিত হইয়া ছ অর্গলকে ঊর্দ্ধে তুলিবে। ছ অর্গলের মস্তকে এক সের, দুই সের করিয়া ভার চাপাও। ষোল সের ভার বসান হইলে, দুই চোঙ্গের জল পুনর্ব্বার এক সমতলে থাকিবে। পূর্ব্বে বলিয়াছি যে, খ চোঙ্গের বর্গায়তন ক চোঙ্গের বর্গায়তনের ষোল গুণ। সুতরাং ছ অর্গলের বর্গায়-

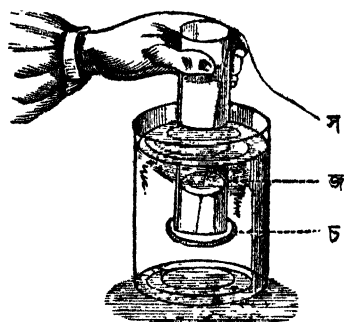
তন চ অর্গলের বর্গায়তন অপেক্ষা ষোল গুণ বড়। এখন পরীক্ষা দ্বারা দেখা গেল যে, চ অর্গলে প্রযুক্ত এক সের চাপ, ছ অর্গলে ষোল সের চাপ প্রয়োগ করে। সুতরাং পাত্রের বর্গায়তন অনুসারে জলাদি তরল পদার্থের চাপ অল্প কি অধিক পরিমাণে প্রযুক্ত হয়। চ অর্গলের উপর পাঁচ সের ভার রাখিলে ছ অর্গলের উপর ৫ × ১৬ সের ভার রাখিতে হইবে। ক চোঙ্গ অপেক্ষা খ চোঙ্গ দুই শত গুণ মোটা করিলে, চ অর্গলের উপর দশ সের চাপ, ছ অর্গলের উপর ১০ × ২০০ সের চাপ প্রয়োগ করিবে; অর্থাৎ ছ অর্গলকে ২,০০০ সের পরিমিত চাপদ্বারা উর্দ্ধে তুলিবে।

তরল পদার্থের বর্গায়তন অনুসারে অল্পাধিক চাপসঞ্চালকতা গুণ অবলম্বনে বহুবিধ প্রয়োজনীয় যন্ত্র প্রস্তুত হইয়াছে।

(২৮) গভীরতা অনুসারে তরল পদার্থের চাপ। একটি বড় কলস জলপূর্ণ করিলে কলসের নিম্নে, পার্শ্বে, সর্ব্বত্র চাপ পড়ে। এখানে যদিও কোন বাহিরের চাপ প্রয়োগ করা হয় নাই, তথাপি জলের ভার থাকায় সেই ভার-জনিত চাপ পাত্রের সর্ব্বত্র সঞ্চালিত হইতেছে। কিন্তু সেই চাপ তলায় সর্ব্বাপেক্ষা অধিক। কারণ উপরের সমস্ত জলের ভার তলায় পড়ে। এজন্য কলসের নিম্ন ও মধ্যদেশে ও গলার কিঞ্চিৎ নিম্নে, তিনটি সমান ছিদ্র করিলে দেখা যায় যে, নিম্নের ছিদ্র দিয়া অত্যন্ত বেগে, মধ্যের ছিদ্র দিয়া তদপেক্ষা কম বেগে ও গলার ছিদ্র দিয়া সর্ব্বাপেক্ষা কম বেগে

জল বহির্গত হয়। এই পরীক্ষা দ্বারা তরল পদার্থের অধশ্চাপ ও পার্শ্বচাপও প্রমাণিত হইল।

(২৯) তরল পদার্থের ঊর্দ্ধচাপ। তরল পদার্থের ঊর্দ্ধচাপ আছে বলিয়া নৌকা প্রভৃতি জলের উপর ভাসে। মাধ্যাকর্ষণ-বল বস্তুসকলকে নিম্নদিকে আকর্ষণ করে, সুতরাং ভাসমান দ্রব্যে তরল পদার্থের ঊর্দ্ধচাপ না থাকিলে তাহা নিমগ্ন হইত।

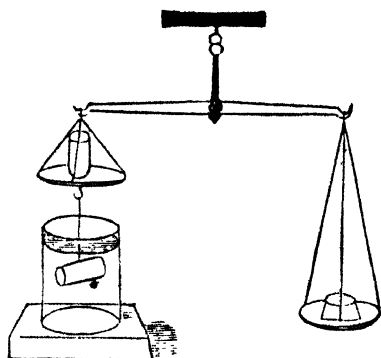
তরল পদার্থের ঊর্দ্ধচাপ নিম্নলিখিত পরীক্ষা হইতে বেশ বুঝা যায়। দুই মুখ খোলা (৯ম চিত্র) একটি কাচের চোঙ্গ

৯ম চিত্র।

লও। চোঙ্গের মুখ আবৃত করিতে একটি কাচের কিম্বা কাগজের চাকতি (চ) সূত্র সংলগ্ন কর। পরে সূত্র (স) ধরিয়া চাকতি দ্বারা চোঙ্গের এক মুখ বন্ধ করণান্তর কোন পাত্রস্থিত জলে ধীরে ধীরে চোঙ্গটি নিমজ্জিত কর। জলে কিয়দ্দূর ডুবাইয়া হস্ত-স্থিত সূত্র ছাড়িয়া দিলেও চাকতি

চোঙ্গের মুখ হইতে সরিয়া যাইতে দেখা যাইবে না। সুতরাং তদবস্থায় রাখিলে চোঙ্গের মধ্যে জল প্রবেশ করিতে পারিবে না। স্বীয় ভারবশতঃ চাকতি জলে নিমগ্ন হইত; জলের ঊর্দ্ধচাপ হেতু উহা চোঙ্গ আবৃত করিয়া থাকে। চাকতির উপরে জল নাই, সুতরাং তথায় জলের ভার-জনিত চাপও নাই। কিন্তু অধোদেশে জলের চাপ পড়িতেছে। চাকতির অধোদেশে কতখানি ঊর্দ্ধচাপ প্রযুক্ত হইতেছে, দেখা যাউক। ধীরে ধীরে চোঙ্গের মধ্যে জল ঢালিতে থাক। যখন চোঙ্গের ভিতরের জলের উপরিভাগ (জ), তাহার বাহিরের জলের উপরিভাগের প্রায় সমতল হইবে, তখন চাকতিখানি জল-নিমগ্ন হইতে দেখা যাইবে। এতদ্দ্বারা বেশ বুঝা যাইতেছে যে, চাকতির তলায় ঊর্দ্ধচাপ চাকতির উপরের জলের ভারের প্রায় সমান।

(৩০) নিমজ্জিত অবস্থা। জলাদি তরল পদার্থের ঊর্দ্ধচাপ হেতু তরল পদার্থে নিমগ্ন দ্রব্যাদি লঘু বোধ হয়। স্নান করিবার সময় জলমগ্ন হস্তপদাদি কত হাল্কা ঠেকে। জলপূর্ণ কলস জলমধ্যে অক্লেশে উত্তোলন করিতে পারা যায়। কিন্তু জলের উপরে উত্তোলন করা তত সহজ হয় না। এতদ্দ্বারা বেশ বুঝা যাইতেছে যে, জলের ঊর্দ্ধচাপ হেতু পদার্থের ভার কম হয়।

কোন বস্তু জলনিমগ্ন হইলে কত লঘু হয়, তাহা জানা আবশ্যক। এখানে এতদ্বিষয় নির্ণয় করা যাইতেছে।

নিম্নের প্রতিকৃতিতে একটি তুলাদণ্ড দেখান হইয়াছে। উহার বামপাল্লার নিম্নে একটি আংটা সংলগ্ন করা গিয়াছে। এই পাল্লায় একমুখবন্ধ এক পিত্তলের চোঙ্গ রাখা হইয়াছে। পাল্লার আংটা হইতে এক পিত্তলদণ্ড সূত্রদ্বারা ঝুলান আছে। চোঙ্গ ও পিত্তলদণ্ড এরূপ ভাবে নির্ম্মিত যে, দণ্ডটি চোঙ্গে প্রবেশিত করিলে চোঙ্গের মধ্যে শূন্য স্থান থাকে

১০ম চিত্র।

না; অর্থাৎ দণ্ডের ঘন আয়তন, চোঙ্গের ভিতরের ঘন আয়তনের ঠিক সমান। এক্ষণে চোঙ্গটি পাল্লার উপর রাখ ও দণ্ডটি সূত্র দিয়া ঝুলাও, এবং দক্ষিণ পাল্লায় বাটখারা চাপাইয়া উভয়ের ভার সমান কর। পরে এক জলপূর্ণ বড় গ্লাস লইয়া, পিত্তলদণ্ডটি জলে নিমগ্ন হইতে পারে, এরূপ ভাবে তাহার নিম্নে রাখ। জলে নিমগ্ন হইবামাত্র বাম পাল্লা

দক্ষিণ পাল্লা অপেক্ষা লঘু দেখা যাইবে। কতখানি ভার কম হইল, দেখা যাউক। সাবধানে পাল্লার চোঙ্গ জলপূর্ণ কর; যখন ঠিক পূর্ণ হইবে, তখন দুই পাল্লা পুনর্ব্বার সমান ভারি হইতে দেখা যাইবে।

অতএব পরীক্ষাদ্বারা দেখা গেল যে, (১), জলনিমগ্ন হইলে পিত্তল দণ্ডের ভার কম হয়। আর (২), চোঙ্গে যত জল ধরে, তাহার যতখানি ভার, নিমজ্জিত দণ্ডের ততখানি ভার কম পড়ে।

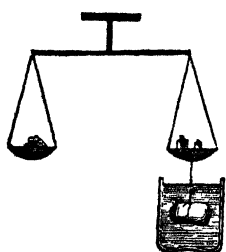
কিন্তু পূর্ব্বে বলিয়াছি যে, চোঙ্গের ভিতরের আয়তন, দণ্ডের ঘন আয়তনের ঠিক সমান। সুতরাং আমরা বলিতে পারি যে, দণ্ডের সমান আয়তনবিশিষ্ট জলের যত ভার, জলে নিমজ্জিত করাতে উহার ততখানি ভার কম হয়; অথবা দণ্ড নিমজ্জিত করাতে, যতখানি জল স্থানান্তরিত হয়, ততখানি জলের ভার উহার কম পড়ে।

এই নিয়মটি সকল প্রকার তরল পদার্থ-সম্বন্ধে খাটে। জলের পরিবর্ত্তে দণ্ডকে কোন তৈলে নিমজ্জিত এবং চোঙ্গ উক্ত তৈলপূর্ণ করিয়া এইরূপ পরীক্ষা করিলে ইহাই দেখা যায়। অতএব আমরা বলিতে পারি যে, (১), তরল পদার্থে নিমজ্জিত করিলে প্রত্যেক বস্তুর ভার কম পড়ে, এবং (২), ঐ ভার উহার সম আয়তন উক্ত তরল পদার্থের ভারের সমান, অথবা উক্ত বস্তু কর্ত্তৃক অপসারিত তরল পদার্থের ভারের সমান।

একটা এক ঘনফুট প্রস্তর জলনিমগ্ন হইলে, এক ঘনফুট পরিমিত জলের ভার তাহার কম পড়ে। এক ঘনফুট জলের ভার প্রায় ৩০॥০ সের। সুতরাং যদি প্রস্তরখানির ভার ৭০ সের হয়, জলনিমগ্ন হইলে তাহার ভার প্রায় এক মণ মাত্র হইবে।

(৩১) আপেক্ষিক গুরুত্ব-নির্ণয়। পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব কাহাকে বলে, তাহা পূর্ব্বে (২২ প্রক) বলিয়াছি। উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব কিরূপে নিরূপণ করা হয়, তদ্বিষয় এখানে বলা যাইতেছে। সচরাচর, জলের ভারের সহিত সমান আয়তন অপরাপর দ্রব্যাদির ভার তুলনা করিয়া, তাহাদিগের আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপিত হয়।

(ক) কঠিন দ্রব্যের আপেক্ষিক গুরুত্ব।

পূর্ব্ব প্রকরণে নিমজ্জিত দ্রব্য-সম্বন্ধে যে নিয়ম, বলিয়াছি, সেই নিয়ম অবলম্বনে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণীত হয়। মনে কর, লোহের আপেক্ষিক গুরুত্ব স্থির করিতে হইবে। এক খণ্ড লৌহ (১১শ চিত্র) দক্ষিণ পাল্লায় রাখিয়া তাহার ভার নিরূপণ কর। মনে কর, উহার ভার ৯॥০ তোলা হইল। পরে সূক্ষ্ম সূত্রে লৌহ দণ্ড বাঁধিয়া দক্ষিণ পাল্লায় ঝুলাইয়া এক গ্লাস জলে

১১শ চিত্র।

তাহা নিমজ্জিত কর। জলে নিমগ্ন হইবামাত্র তাহার ভার কম পড়িবে, এজন্য বাম পাল্লা দক্ষিণ পাল্লা অপেক্ষা বেশী ভারি দেখা যাইবে। এক্ষণে দক্ষিণ পাল্লায় বাটখারা রাখিয়া দুই পাল্লার ওজন ঠিক করাতে, মনে কর দক্ষিণ পাল্লায় ১৪॥০ মাষা রাখিতে হইল। সুতরাং জলে নিমজ্জিত করাতে লৌহখণ্ডের ভার ১৪॥০ মাষা কম হইয়াছে। পূর্ব্বোক্ত (৩০ প্রক) নিয়মানুসারে এই ভার উক্ত লৌহখণ্ড কর্ত্তৃক অপসারিত জলের ভারের সমান; অর্থাৎ লৌহখণ্ডের সমান আয়তনবিশিষ্ট জলের ভার ১৪॥০ মাষা পাওয়া গেল।

এক্ষণে আমরা দুইটি বিষয় জানিতে পারিয়াছি। (১) লৌহের ভার, (২) উহার সমান আয়তনবিশিষ্ট জলের ভার। প্রথম ভার দ্বিতীয় ভার দিয়া হরণ করিলে লৌহের আপেক্ষিক গুরুত্ব পাওয়া যাইবে। লৌহের ভার ৯॥০ তোলা = ১২ × ৯.৫ মাষা। অপসারিত জলের ভার ১৪.৫ মাষা। সুতরাং ১২ × ৯.৫ ÷ ১৪.৫ = ৭.৮ লৌহের আপেক্ষিক গুরুত্ব।

(খ) তরল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব।

এক্ষণে তরল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপণ করা যাউক। মনে কর, কোন লবণাক্ত জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব স্থির করিতে হইবে। এক্ষণে কোন পাত্র উক্ত লবণাক্ত জলপূর্ণ করিয়া সেই লবণাক্ত জলের ভার, এবং সেই পাত্র জলপূর্ণ করিয়া সেই জলের ভার,—এই দুইটি ভার স্থির

করিয়া প্রথম ভার দ্বিতীয় ভার দিয়া হরণ করিলে লবণাক্ত জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব পাওয়া যাইবে।

একটি সরুমুখ ফুঁকশিশি লইয়া তাহার ভার নিরূপণ কর। মনে কর, উহার ভার ১০ তোলা হইল। পরে ঐ শিশি লবণাক্ত জলপূর্ণ করিয়া ওজন করাতে তাহার ভার ৪০ তোলা এবং বিশুদ্ধ জলপূর্ণ করিয়া ওজন করাতে তাহার ভার ৩৫ তোলা হইল। এক্ষণে লবণাক্ত জলপূর্ণ শিশির ভার (৪০ তোলা) হইতে খালি শিশির ভার (১০ তোলা) বিয়োগ করিলে, উক্ত শিশি-পরিমিত লবণাক্ত জলের ভার (৩০ তোলা) পাওয়া গেল। সেইরূপ, জলপূর্ণ শিশির ভার (৩৫ তোলা) হইতে খালি শিশির ভার (১০ তোলা) বিয়োগ করিলে শিশি-পরিমিত বিশুদ্ধ জলের ভার (২৫ তোলা) পাওয়া গেল। সুতরাং ৩০ ÷ ২৫ = ১.২ উক্ত লবণাক্ত জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব।

উক্ত দুই উপায়ে নিম্নলিখিত পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণীত হইয়াছে। স্বর্ণের ১৯.৩, সীসকের ১১.৩, রৌপ্যের ১০.৪, তাম্রের ৮.৮, পিত্তলের ৮.৩, লৌহের ৭.৬, রাঙের ৭.২, দস্তার ৬.৮, হীরকের ৩.৪, কাচের ২.৫, পারদের ১৩.৭, দুগ্ধের ১.০৩, বিশুদ্ধ জলের ১.০, শর্ষপ তৈলের ০.৯১, তারপিণ তৈলের ০.৮৭, আপেক্ষিক গুরুত্ব।

(৩২) ভাসমান অবস্থা। পূর্ব্ব দুই প্রকরণে দেখা গিয়াছে যে, পিত্তল লৌহ প্রভৃতি দ্রব্যাদি জলে নিম-

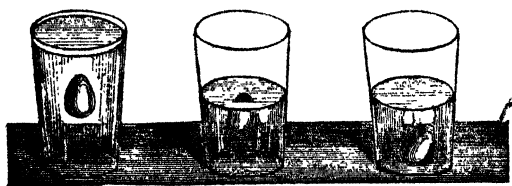
জ্জিত করিলে, উহাদিগের ভার কম হয়। কিন্তু উহাদিগের সমগ্র ভার নষ্ট হয় না। এজন্য উহারা জলে নিমগ্ন হয়। আরও দেখা গিয়াছে যে, উহারা তাহাদিগের সমান আয়-তনবিশিষ্ট জল অপেক্ষা ভারি। অতএব আমরা দেখিতেছি যে, কোন বস্তু তাহার সম আয়তন কোন তরল পদার্থ অপেক্ষা ভারি হইলে, সেই বস্তু সেই তরল পদার্থে নিমগ্ন হয়। অর্থাৎ কোন বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব কোন তরল পদার্থের আপে-ক্ষিক গুরুত্ব অপেক্ষা বেশী হইলে, বস্তুটি তাহাতে নিমগ্ন হয়।

কিন্তু সকল দ্রব্য সকল তরল পদার্থে নিমগ্ন হয় না। সোলা, কাষ্ঠ, তৈল প্রভৃতি জলে ভাসিয়া বেড়ায়। লৌহ জলে নিমগ্ন হয়, কিন্তু পারদে ভাসে। এ সকল স্থলে দেখা যায় যে, একখণ্ড সোলা তাহার সম আয়তন জল অপেক্ষা লঘু, একখণ্ড লৌহ তাহার সম আয়তন পারদ অপেক্ষা লঘু। অতএব দেখা গেল যে, কোন দ্রব্য তাহার সম আয়-তন কোন তরল পদার্থ অপেক্ষা লঘু হইলে দ্রব্যটি সেই তরল পদার্থে ভাসমান থাকে; অর্থাৎ সেই তরল পদার্থের আপে-ক্ষিক গুরুত্ব দ্রব্যটির আপেক্ষিক গুরুত্ব অপেক্ষা বেশী হইলে, তাহাতে সেই দ্রব্য ভাসিতে পারে। এজন্য লৌহ পারদে এবং কাষ্ঠ জলে ভাসে।

কিন্তু কোন দ্রব্যের ভার তাহার সম আয়তন তরল পদার্থের ভারের ঠিক সমান হইতে পারে; অর্থাৎ উভয়ের আপেক্ষিক গুরুত্ব সমান হইতে পারে। তখন সেই দ্রব্য উক্ত তরল

পদার্থের উপরে ভাসিবে না কিম্বা একবারে তলে গিয়াও পড়িবে না। তাহার সর্ব্বাংশ নিমজ্জিত করিয়া, যেখানে রাখা যাইবে, সেই খানেই থাকিবে। এরূপ অবস্থা সচরাচর দেখিতে পাওয়া যায় না।

অতএব কোন তরল পদার্থে কোন দ্রব্য রাখিলে, হয় (১) তাহা নিমগ্ন হইবে, কিম্বা (২) তাহার উপর ভাসমান থাকিবে, নচেৎ (৩) সেই তরল পদার্থের যেখানে রাখা যাইবে, সেইখানে থাকিবে।

এই তিন অবস্থা হংসডিম্ব লইয়া অনায়াসে পরীক্ষা করিয়া দেখা যাইতে পারে (১২ শ চিত্র, ক, খ, গ)। বিশুদ্ধ জলে

গ খ ক

১২শ চিত্র।

হংসডিম্ব নিমগ্ন হয় (ক)। জলে যথেষ্ট লবণ দ্রব করিলে, ডিম্ব ভাসিতে থাকে (খ)। লবণাক্ত জলে অল্প অল্প করিয়া বিশুদ্ধ জল মিশ্রিত করিলে, এক প্রকার ঈষৎ লবণাক্ত জল প্রস্তুত হয়, ডিম্ব তাহার যেখানে রাখা যায় সেই খানেই থাকে (গ)।

কিন্তু তরল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব অপেক্ষা কোন

দ্রব্যের আপেক্ষিক গুরুত্ব বেশী হইলেই সেই দ্রব্য তাহাতে নিমগ্ন হইবে না। লৌহ ও পিত্তল জল অপেক্ষা ভারি, অথচ লৌহ-কটাহ, পিত্তল-ঘটি জলে ভাসিতে পারে। এ সকল স্থলে পূর্ব্বোক্ত নিমজ্জিত ও ভাসমান অবস্থার নিয়মের ব্যতিক্রম অনুমান করা যাইতে পারে। কিন্তু বাস্তবিক তাহা নহে। লৌহ-কটাহের অন্তর্দ্দেশ পুটাকার হওয়াতে, তৎকর্ত্তৃক প্রচুর জল অপসারিত হয়, অথচ উহার অন্তর্দ্দেশে লৌহ নাই। নিমগ্ন লৌহাংশের ভার অপেক্ষা অপসারিত জলের ভার অধিক। শেষোক্ত ভার সমুদায় কটাহের ভারের সমান।

নিমজ্জিত কিম্বা ভাসমান অবস্থা দ্রব্যাদির গঠনের উপর বিস্তর নির্ভর করে। এজন্য লৌহ-নির্ম্মিত সমুদ্রপোতাদি অনায়াসে জলে ভাসমান থাকে।

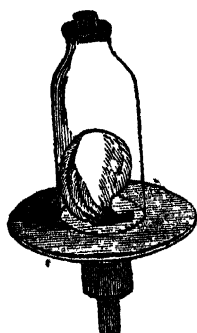
(৩৩) দ্রব্যের আপেক্ষিক গুরুত্ব জানায় উপকার। আপেক্ষিক গুরুত্ব দ্বারা দ্রব্যাদি অনেক সময় ঠিক চিনিতে পারা যায়। মনে কর, কোন অলঙ্কার স্বর্ণ কি পিত্তল নির্ম্মিত, তাহা স্থির করিতে হইবে। এক্ষণে ঐ অলঙ্কারের আপেক্ষিক গুরুত্ব ১৯.৩ হইলে, তাহা স্বর্ণনির্ম্মিত এবং ৮.৩ হইলে, তাহা পিত্তলনির্ম্মিত। এই উপায় দ্বারা জলমিশ্রিত দুগ্ধ হইতে বিশুদ্ধ দুগ্ধের, কাচ হইতে হীরকের প্রভেদ নিরূপণ করিতে পারা যায়।

তৃতীয় অধ্যায়।

বায়বীয় পদার্থ।

প্রথম পরিচ্ছেদ।

বায়বীয় পদার্থের ধর্ম্ম।

(৩৪) **বায়বীয় পদার্থের বিশেষ গুণ।** পূর্ব্বে (২৫ প্রক) বলিয়াছি যে, অল্পপরিমিত কোন তরল পদার্থ কোন বৃহৎ পাত্রে রাখিলে, তাহা সমুদায় পাত্রে ব্যাপ্ত না হইয়া পাত্রের নিম্নের কিয়দংশ পূর্ণ করে, এবং তাহার উপরিভাগ সর্ব্বদা সমতল থাকে। কিন্তু অল্প পরিমিত কোন বায়বীয় পদার্থ কোন বৃহৎ পাত্রে রাখিলে, তাহা সমুদায় পাত্রে ব্যাপ্ত হয়। বায়বীয় উদার্থের অণুদিগের মধ্যে বিপ্রকর্ষণ-বল, ইহার কারণ।

১৩শ চিত্র।

এই প্রসারণ-ক্ষমতা নিম্নলিখিত পরীক্ষা হইতে দেখা যায়। একটি রবরের পুঁপু-বলে কিঞ্চিৎ বায়ু রাখিয়া মুখ সূত্রদ্বারা বন্ধ কর (১৩শ চিত্র)। পরে বায়ু-নিষ্কাশন-যন্ত্রের উপর তাহাকে রাখিয়া এবং এক কাচের আবরক দ্বারা ঢাকিয়া বায়ু নিষ্কাশিত কর। যতই বায়ু নিরাকৃত হইবে, ততই

রবরের বল পূর্ব্বের সঙ্কুচিত অবস্থা পরিত্যাগ করিয়া স্ফীত হইতে থাকিবে। উহার বৃহদায়তন গ্রহণের কারণ এই যে, আবরকের মধ্যস্থিত বায়ু অপসারিত হওয়াতে, বলের অভ্যন্তরস্থ বায়ু আবরকের সমুদায় স্থানে ব্যাপ্ত হইতে চেষ্টা করে। কিন্তু বলটি প্রসারিত না করিয়া উক্ত বায়ুর আয়তন বৃদ্ধি হইতে পারে না বলিয়া, বলের আয়তন বৃদ্ধি হয়।

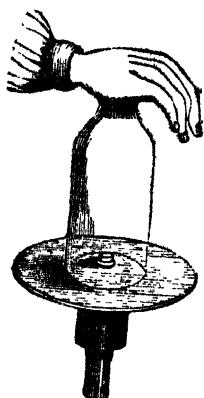
(৩৫) গ্যাস ও বাষ্প। যাবতীয় বায়বীয় পদার্থকে দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা যাইতে পারে। যে সকল বায়বীয় পদার্থ সচরাচর বায়বীয় অবস্থায় পাওয়া যায়, তৎসমুদায়কে গ্যাস বলে। আর যে সকল বায়বীয় পদার্থ, কঠিন কিম্বা তরল পদার্থে তাপ প্রয়োগে পাওয়া যায় এবং যাহাদিগকে সচরাচর বাষ্পীয় অবস্থায় পাওয়া যায় না, তাহাদিগকে বাষ্প বলে। যাবতীয় ধর্ম্মসম্বন্ধে গ্যাস ও বাষ্প উভয়ই সমান। আমরা জলজনক, যবক্ষারজনক, অম্লজনক প্রভৃতি বায়বীয় পদার্থকে গ্যাস বলি ; কিন্তু জল, পারদ, কর্পূর প্রভৃতিকে বায়বীর অবস্থায় উহাদিগের বাষ্প বলি।

বায়ু আমাদিগের দৃষ্টি-গোচর না হওয়াতে, অনেকে মনে করিতে পারেন যে, বায়বীয় পদার্থমাত্রই অদৃশ্য। কিন্তু বাস্তবিক তাহা নহে। এরূপ অনেক গ্যাস ও বাষ্প আছে, যাহাদিগকে দেখিতে পাওয়া যায়। লবণ হইতে হরীতক নামে এক প্রকার গ্যাস প্রস্তুত হইতে পারে। ইহাকে ঈষৎ হরিদ্বর্ণ দেখায়। যবক্ষার-দ্রাবকে লৌহ কিম্বা তাম্র

চূর্ণ প্রক্ষেপ করিলে এক প্রকার গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাস দেখিতে লাল বর্ণ। সুতরাং যে সকল গ্যাস এবং বাষ্প বর্ণবিশিষ্ট, তৎসমুদায় দৃষ্টিগোচর হয়। বায়ুতে অম্লজনক ও যবক্ষারজনক নামে দুইটি গ্যাস আছে। উভয় গ্যাসই স্বচ্ছ ও বর্ণহীন হওয়াতে, বায়ু নয়ন-গোচর হয় না।

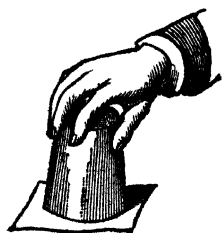
(৩৬) বায়বীয় পদার্থের ভার। কঠিন ও তরল পদার্থের ন্যায় বায়বীয় পদার্থেরও ভার আছে। কিন্তু কঠিন ও তরলপদার্থ অপেক্ষা বায়বীয় পদার্থ নিতান্ত লঘু হওয়াতে, তাহা সহজে জানা যায় না। এক পাতলা কাচের শিশি বায়ুপূর্ণ অবস্থায়, পরে বায়ু-নিষ্কাশন-যন্ত্রদ্বারা উহা বায়ুশূন্য করিয়া ওজন করিলে দেখা যায় যে, বায়ুপূর্ণ শিশির ভার শূন্য শিশির ভার অপেক্ষা বেশী। এই প্রকারে দেখা গিয়াছে যে, এক শত ঘন ইঞ্চ বায়ুর ভার ২.০৬ মাষা। এক শত ঘন ইঞ্চ জলের ভার প্রায় ১৬৮০ মাষা; সুতরাং জল অপেক্ষা বায়ু প্রায় ৮০০ গুণ লঘু। অঙ্গারকাম্ল গ্যাস বায়ু অপেক্ষা অনেক ভারি। ইহার এক শত ঘন ইঞ্চের ভার ৩.১৪ মাষা। জলজনক গ্যাস যাবতীয় জড়পদার্থের মধ্যে লঘু। এক শত ঘন ইঞ্চ জলজনক গ্যাসের ভার ০.১৪ মাষা মাত্র।

(৩৭) বায়ুর চাপ। বায়ু-নিষ্কাশন যন্ত্রের আধার-পাত্রের উপর দুইমুখ-খোলা এক কাচের চোঙ্গ (১৪শ চিত্র) বসাও এবং তদুপরি হাতের তালু প্রসারিত করিয়া বায়ু নিষ্কাশিত কর; হাতের উপর অত্যন্ত চাপ অনুভূত হইবে।

ইহা বায়ুর চাপ। বায়ুর গুরুত্ব এই চাপের কারণ। অল্প বায়ুর ভার যৎসামান্য হইলেও, সুবিশাল বায়ুরাশির ভার অল্প নহে। পূর্ব্বে (২৮ প্রক) দেখান হইয়াছে যে, কোন পাত্রস্থ জলরাশির চাপ অধোদেশে সর্ব্বাপেক্ষা অধিক; যেহেতু তথায় উপরিস্থ সমস্ত জলরাশির ভার পড়ে। তদ্রূপ ভূপৃষ্ঠস্থ বায়ুস্তরের চাপ সর্ব্বাপেক্ষা অধিক; যেহেতু উপরিস্থ সমস্ত বায়ুরাশির ভার তাহার উপর পতিত হয়। জলরাশির যত উপরের দিকে আসা যায়, ততই যেমন তাহার চাপ কম হয়, তদ্রূপ এই বায়ুসাগরের যতই উর্দ্ধে উঠা যায়, ইহার চাপ ততই কম পড়ে। এজন্য ভূপৃষ্ঠ অপেক্ষা পর্ব্বতশিখরাদি উচ্চ স্থানে বায়ুর চাপ কম হয় এবং গভীর কূপ, খনি প্রভৃতি নিম্নস্থানে বেশী হয়। ভূপৃষ্ঠে বায়ুর চাপ কত, তাহা পরে বলিব।

১৪শ চিত্র।

(৩৮) বায়ুর চাপ সর্ব্বত্র সঞ্চালিত হয়। বায়ুর ভারবশতঃ উহার চাপ যে নিম্নদিকে সঞ্চালিত হইবে, তাহা সহজেই বুঝা যায়। অধিকন্তু, তরল পদার্থের ন্যায় বায়বীয় পদার্থও উর্দ্ধচাপ ও পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করে।

একটি কাচের কিম্বা পিত্তলের গ্লাস জলপূর্ণ করিয়া (১৫শ চিত্র) একখণ্ড কাগজ দিয়া তাহার মুখ আবৃত কর।

বাম হাতে গ্লাস ধর ও দক্ষিণ হাত কাগজের উপর রাখিয়া অতি শীঘ্র গ্লাস উল্টাইয়া কাগজের উপরের হাত সরাও। এক্ষণে দেখ যে, গ্লাসের জল ও তৎসংলগ্ন কাগজ পতিত হইতেছে না। ইহার কারণ অবশ্য বায়ুর ঊর্দ্ধচাপ হইবে। কাগজের দ্বারা জল যে আবদ্ধ নহে, তাহা সহজে দেখা যায়। গ্লাসের মুখে একখণ্ড মোটা সছিদ্র বস্ত্র বাঁধিয়া উল্টাইলেও জল পতিত হইবে না।

১৫শ চিত্র

পুনশ্চ, একটি হাঁড়ির তলায় অসংখ্য ছিদ্র করিয়া তাহাকে জলে নিমজ্জিত কর। পরে হাঁড়ির মুখে সরা বসাইয়া ময়দা কিম্বা কর্দ্দম দিয়া বন্ধ কর। এক্ষণে জলপূর্ণ সছিদ্র হাঁড়ি/ জল হইতে উত্তোলন করিলে তন্মধ্যস্থ জল পতিত হইবে না। এই সকল পরীক্ষাদ্বারা বায়ুর ঊর্দ্ধচাপ স্পষ্ট প্রমাণিত হইতেছে।

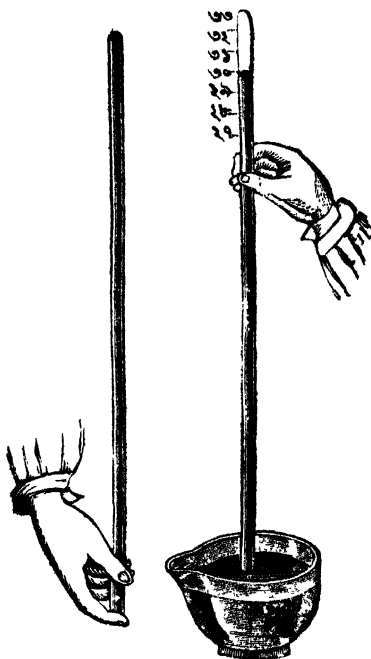
(৩৯) বায়ুচাপের পরিমাণ। একটি বোতল জলপূর্ণ করিয়া তাহার মুখ অঙ্গুলিদ্বারা বন্ধ কর। পরে বোতল উল্টাইয়া তাহার মুখ. কোন পাত্রের জলে নিমজ্জিত করণান্তর অঙ্গুলি সরাও (১৬শ চিত্র)। বোতলস্থ জল বোতলে থাকিবে। ইহার কারণ এই যে, পাত্রস্থিত জলের উপরিভাগে প্রযুক্ত বায়ুর চাপ জলের মধ্যদিয়া সঞ্চালিত হইয়া বোতলের মুখে ঊর্দ্ধচাপরূপে তাহার জল ধারণ করে।

বায়ুর চাপ এত অধিক যে, বোতলের পরিবর্ত্তে ২২ হাত দীর্ঘ নল জলপূর্ণ করিয়া বিপর্য্যস্ত করিলেও বায়ুর চাপ নলের জল ধারণ করিবে। ২২ হাত দীর্ঘ নলের পরিবর্ত্তে ২৫ কি ২৬ হাত দীর্ঘ নল উক্তরূপে ব্যবহার করিলে দেখা যায় যে, নলের উপর হইতে ৩। ৪ হাত জল পতিত হইয়া জলের দৈর্ঘ্য ২২ বা ৩৩ ফুট হয়। তবেই দেখা যাইতেছে যে, বায়ুর চাপ ২২ হাত দীর্ঘ জলস্তম্ভের ভার ধারণ করিতে পারে। প্রকৃত প্রস্তাবে বলা উচিত যে, নলের মুখের সমান বর্গ আয়তন স্থানে, এই বায়ুর চাপ উক্ত ৩৩ ফুট দীর্ঘ নলস্থ জলের ভারের সমান।

১৬শ চিত্র।

কিন্তু এত দীর্ঘ নল জলপূর্ণ করিয়া পরীক্ষা করা বড় সহজ নহে। নল অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্র করিলে জলের চাপ বায়ুর চাপ অপেক্ষা কম হয়। সুতরাং জলের পরিবর্ত্তে তদপেক্ষা ভারি পারদ ব্যবহার করা সুবিধাজনক। জল অপেক্ষা পারদ প্রায় ১৩.৬ গুণ ভারি। এজন্য ৩৩ ফুট দীর্ঘ নলস্থ জলের ভার প্রায় (৩৩ ÷ ১৩.৬) = ২.৫ ফুট বা ৩০ ইঞ্চ দীর্ঘ নলস্থ পারদের ভারের সমান।

অতএব একটি একমুখবন্ধ ৩২ কি ৩৩ ইঞ্চ দীর্ঘ কাচের নল পারদপূর্ণ কর। তাহার খোলা মুখ এক অঙ্গুলি দিয়া বন্ধ করণান্তর (১৭শ চিত্র), পারদপূর্ণ কাচের কিম্বা পাথরের

বাটীতে উল্টাইয়া অঙ্গুলি স্থানান্তরিত কর। নল বাটীর পারদের লম্বভাবে ধরিবামাত্র তাহার শিরদেশ হইতে কিয়দংশ পারদ নামিয়া আসিবে। এক্ষণে বাটীর পারদের উপরিভাগ হইতে

১৭শ চিত্র।

নলস্থ পারদের উচ্চতা মাপিলে তাহা প্রায় ৩০ ইঞ্চ দেখা যাইবে। নলের উপরিস্থ শূন্যে অবশ্য বায়ু নাই। একারণ আমরা দেখিতে পাই যে, উক্ত নলের মুখের সমান বর্গ

আয়তন স্থানে বায়ুর চাপ ঐ নলস্থ পারদের ভারের সমান। পূর্ব্বে বলিয়াছি যে, বায়ুর গুরুত্ব বায়ুর চাপের প্রধান কারণ। সুতরাং যদি পারদপূর্ণ বাটী হইতে বায়ুর ঊর্দ্ধ সীমা পর্য্যন্ত উক্ত নলাকৃতি এক বায়ুস্তম্ভ কল্পনা করা যায়, তাহা হইলে ঐ বায়ুস্তম্ভের ভার ৩০ ইঞ্চ পারদ-স্তম্ভের ভারের সমান।

নলের মুখের আয়তন এক বর্গ ইঞ্চ হইলে নলস্থ পারদের ঘন আয়তন ৩০ ঘন ইঞ্চ। এক ঘন ইঞ্চ জলের ভার প্রায় ১.৪ তোলা। পারদ জল অপেক্ষা ১৩.৬ গুণ ভারি, সুতরাং এক ঘন ইঞ্চ পারদের ভার ১.৪ × ১৩.৬ তোলা =১৯.০৪ তোলা; সুতরাং ৩০ ঘন ইঞ্চ পারদের ভার ৩০ × ১৯.০৪ তোলা = ৫৭১.২ তোলা = ৭ সের ১১.২ তোলা। তবেই মোটামুটি বলিতে পারা যায় যে, প্রতি বর্গ ইঞ্চ স্থানে বায়ুর চাপ প্রায় ৭ সের ২ ছটাক।

যদি এক বর্গ ইঞ্চ স্থানে বায়ুর চাপ এত অধিক, না জানি আমাদের শরীরে কত চাপ পড়িতেছে! অথচ এই চাপ আমরা কিঞ্চিন্মাত্রও অনুভব করি না। ইহার প্রধান কারণ এই যে, আমাদিগের শরীর সমভাবে সর্ব্বদিকেই বায়ুর চাপে পীড়িত হইতেছে। পরীক্ষায় (৩৭ প্রক) দেখা গিয়াছে যে, হাতের অধোদেশের বায়ু (সুতরাং তাহার চাপ) নিরাকৃত হইলে হাতে চাপ অনুভূত হইয়া থাকে। অন্য সময়, হাতের দুই দিকেই বায়ু সমভাবে চাপ প্রয়োগ করাতে উভয়ের পরাক্রম উভয়ে নষ্ট করে।

(৪০) বায়ুমান যন্ত্র। এই প্রকার পারদপূর্ণ নল-দ্বারা সচরাচর বায়ুর চাপ নিরূপিত হয়। ইহাকে বায়ুমান যন্ত্র কহে।

এই যন্ত্র উচ্চ পর্ব্বতশিখরে লইয়া গেলে পারদের অবনতি ঘটিয়া থাকে। কারণ যতই ঊর্দ্ধে আরোহণ করা যায়, ততই বায়ুর গভীরতার সুতরাং চাপেরও হ্রাস হয় (৩৭ প্রক)। কত উচ্চে নলস্থ পারদের কত অবনতি হয়, তাহা নিরূপিত হইয়া লিপিবদ্ধ হইয়াছে। এখন, পর্ব্বতশিখরে বায়ুমানের পারদের উচ্চতা পর্ব্বতের তলদেশে পারদের উচ্চতা অপেক্ষা যে পরিমাণে (যত ইঞ্চ এবং ইঞ্চের যত ভগ্নাংশ) কম হয়, তাহা লিপিবদ্ধ বিবরণের সহিত মিলাইলে পর্ব্বতের উচ্চতা অনায়াসে নির্দ্ধারিত হইতে পারে।

সমুদ্র-পৃষ্ঠ পৃথিবীস্থ সর্ব্বস্থান মধ্যে নিম্নতম। তথায় বায়ুমান যন্ত্রের পারদ সচরাচর ৩০ ইঞ্চ উচ্চ হইয়া থাকে। ভিন্ন ভিন্ন উচ্চ প্রদেশের বায়ুর আপেক্ষিক গুরুত্ব ও সাধারণ বায়ু-চাপ বিচার করিয়া অনুমান করা যায় যে, এই বায়ু সাগরের গভীরতা অন্ততঃ ৫০ মাইলের কম হইবে না।

বায়ুমান-যন্ত্রের সাহায্যে বায়ুর দৈনন্দিন অবস্থা পরিজ্ঞাত হওয়া যায়। বায়ুমান-যন্ত্রে পারদের হঠাৎ অবনতি, শীঘ্র ঝটিকা হইবার চিহ্ন। অধিক উন্নত বা অবনত না হইয়া পারদ স্থিরভাবে কয়েক ঘণ্টা থাকিলে, বায়ুর অবস্থা ভাল

থাকিবে জানা যায়। এদেশে গ্রীষ্মকালে পারদোন্নতি বৃষ্টি হইবার পূর্ব্ব লক্ষণ।

(৪১) **ঘন আয়তন অনুসারে বায়বীয় পদার্থের চাপ।** পূর্ব্বে বলিয়াছি যে, বায়বীয় পদার্থের অণু-সকলের মধ্যে বিপ্রকর্ষণ-বল থাকাতে, তাহা আধার-পাত্রের সর্ব্বত্র চাপ প্রয়োগ করে। উক্ত চাপ বায়বীয় পদার্থের ঘন আয়তনের হ্রাসবৃদ্ধি অনুসারে অধিক বা অল্প হয়।

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা ইহা দেখান যাই-তেছে। পার্শ্বস্থ চিত্রে এক দৃঢ় কাচের কিম্বা পিত্তলের চোঙ্গ দেখান হইয়াছে। চোঙ্গের এক মুখ খোলা; অপর মুখে এক প্যাঁচ সংযুক্ত আছে। এই প্যাঁচ ঘুরাইয়া উক্ত মুখ খুলিতে কিম্বা বন্ধ করিতে পারা যায়। চোঙ্গের মধ্যে এক অর্গল বায়ু-পথ রোধ করিয়া আছে। প্যাঁচ খুলিয়া অর্গলটি চোঙ্গের ঠিক মধ্যস্থলে লইয়া যাও এক্ষণে প্যাঁচ বন্ধ করিয়া অর্গল ঊর্দ্ধ দিকে টান, অত্যন্ত বল আবশ্যক হইবে। যতই ঊর্দ্ধে টানা যাইবে, ততই অধিক বল প্রয়োজন হইবে। ঊর্দ্ধে আনিয়া ছাড়িয়া দাও, অর্গল বেগে স্বস্থানে প্রেরিত হইবে। ইহার কারণ এই যে, অর্গল ঊর্দ্ধে টানাতে, চোঙ্গে অবরুদ্ধ বায়ুর আয়তন বৃদ্ধি হইল। আয়তন-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে সেই বায়ুর চাপ প্রচুর পরিমাণে কম হইল। পূর্ব্বে বলিয়াছি

১৮শ চিত্র

যে, চোঙ্গের উপরের মুখ খোলা, এজন্য অর্গলের উপরিদেশে বায়ুর চাপ বরাবরই সমভাবে পতিত হইতেছে। ঐ চাপ অধোদেশের কম চাপ অপেক্ষা অনেক বেশী হওয়াতে, অর্গল ঊর্দ্ধে টানিতে এত বল প্রয়োজন হইল। অতএব দেখা গেল যে, কোন পাত্রে অবরুদ্ধ বায়ুর ঘন আয়তন বৃদ্ধি হইলে বায়ুর চাপ হ্রাস হয়। এক্ষণে চোঙ্গের মধ্যস্থল হইতে অর্গলকে নিম্নদিকে চালিত কর; প্রভূত বল আবশ্যক হইবে। যতই নিম্নে চালিত করিবে, ততই অধিক বল আবশ্যক হইবে। ইহার কারণ এই যে, অর্গলটি নিম্নে চালিত করাতে অবরুদ্ধ বায়ুর ঘন আয়তন কম হয়। ইহাতে উহার চাপ বৃদ্ধি হয়, এজন্য এত বল আবশ্যক হইল। নিম্নে লইয়া গিয়া অর্গল ছাড়িয়া দাও, উহা বেগে স্বস্থানে প্রেরিত হইবে। অতএব দেখা গেল যে, কোন পাত্রে অবরুদ্ধ বায়ুর ঘন আয়তন হ্রাস হইলে তাহার চাপ বৃদ্ধি হয়।

(৪২) বায়ুতে দ্রব্যাদির ভাসমান ও নিমজ্জিত অবস্থা। বায়ু-নিষ্কাশন যন্ত্রদ্বারা নিম্নলিখিত পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে, নির্ব্বাতস্থানে ধূম উত্থিত না হইয়া অধঃপতিত হয়। জ্বলন্ত দীপ নির্ব্বাপিত করিয়া আবরকের মধ্যে রাখ; ধূম উত্থিত হইবে। কিয়দংশ বায়ু নিরাকৃত কর, ধূম নিম্নে পতিত হইবে। ইহা দ্বারা বুঝা গেল যে, বায়ু অপেক্ষা ধূম লঘু হওয়াতে তাহা ঊর্দ্ধে উত্থিত হয়।

ব্যোমযানের ঊর্দ্ধে উঠিবারও কারণ এই। সূক্ষ্ম এবং

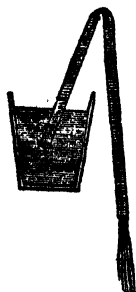
দৃঢ় রেশমী বস্ত্রের বর্ত্তুলাকার বৃহৎ গৃহ নির্ম্মাণ করিয়া তাহাতে বায়ু অপেক্ষা লঘু জলজনক-গ্যাস আবদ্ধ করা হয়। এই গ্যাস তাহার সমান আয়তন বায়ু অপেক্ষা প্রায় ১৪॥০ গুণ লঘু হওয়াতে তাহা মনুষ্যাদি ভারি বস্তু লইয়া বায়ুর উপর ভাসিয়া বেড়ায়। রজনীতে যে ফানুশ উড্ডীয়মান হয়, তাহারও কারণ তন্মধ্যস্থ বায়ুর লঘুত্ব। ফানুশের মধ্যে এক দীপ প্রজ্জ্বলিত করিয়া রাখা হয়। তাহাতে তন্মধ্যস্থ বায়ু উষ্ণ হইয়া প্রসারিত এবং লঘু হয়। এজন্য তাহা বহিঃস্থ গুরু বায়ুর উপর উত্থিত হইয়া বিচরণ করে।

ছোট তুলাদণ্ডের এক পাল্লায় তুলা বা সোলা এবং অপর পাল্লায় সীসকখণ্ড রাখিয়া উভয়ের ভার সমান কর। পরে তাহা আবরকের মধ্য রাখিয়া বায়ু নিষ্কাশিত কর। তুলা বা সোলা সহিত পাল্লা, অপর পাল্লা অপেক্ষা এক্ষণে ভারি দেখা যাইবে। ইহা দ্বারা প্রমাণ হইল যে, ঐ তুলার বা সোলার ও সীসকের ভার বায়ু-মধ্যে সমান হইলেও, নির্ব্বাত স্থানে সেই সীসক অপেক্ষা উক্ত তুলা বা সোলা ভারি। বাস্তবিক, যেমন জলমগ্ন দ্রব্যাদির ভার জলের উর্দ্ধচাপ হেতু কম হয়, তদ্রূপ বায়ু-মধ্যে নিমগ্ন দ্রব্যাদির ভার বায়ুর উর্দ্ধ-চাপ হেতু কম হয়। এস্থলে বায়ুনিমগ্ন দ্রব্যকর্ত্তৃক অপ-সারিত বায়ুর যত ভার, তাহার ততখানি ভার কম পঁড়ে। সীসকের অপেক্ষা তুলার বা সোলার আয়তন বেশী হওয়াতে, বায়ু-মধ্যে তুলার ভার অধিকতর কমিয়াছিল। এজন্য বায়ু-

মধ্যে দ্রব্যাদির ওজন ঠিক হয় না। বৈজ্ঞানিক সূক্ষ্ম পরীক্ষায় দ্রব্যাদি নির্ব্বাত স্থানে তৌল করা হয়।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ।

বায়ুঘটিত যন্ত্রাদি।

(৪৩) বক্রনালী। পার্শ্বস্থ প্রতিকৃতিতে একটি বক্র-নালী দেখান হইয়াছে। এতদ্দ্বারা আধার-পাত্র চালিত না করিয়া, তাহা হইতে জলাদি তরল পদার্থ নিম্নস্থিত কোন পাত্রে আনয়ন করিতে পারা যায়। ১৯শ চিত্র দেখিলেই বুঝা যাইবে যে, ইহা দুই অসম-দীর্ঘবাহুবিশিষ্ট এক বক্রনল ব্যতীত অপর কিছু নহে।

১৯শ চিত্র।

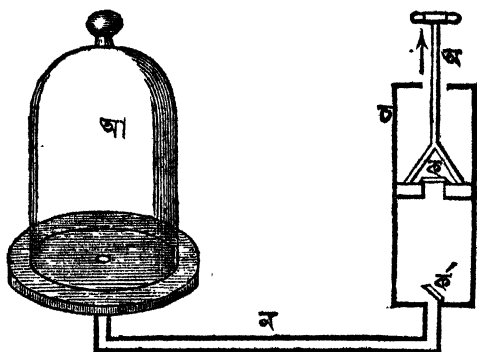
বক্রনালী জলপূর্ণ করিয়া দুই হস্তের দুই অঙ্গুলি দ্বারা মুখ বন্ধ কর। পরে নল উল্টাইয়া ছোট বাহু কোন পাত্রস্থিত জলে নিমজ্জিত করিয়া, অঙ্গুলিদ্বয় অপসারিত কর। মুখ খুলিবামাত্র বহিঃস্থ বাহুমুখ হইতে জলধারা পতিত হইবে। পাত্র এরূপ ভাবে ধর যে, নিমজ্জিত ছোট বাহুর মুখ বহিঃস্থ মুখের সমতলে আসিতে পারে। দুই মুখ ঠিক এক সমতলে আনিলে, জল-ধারা বন্ধ হইবে।

জলপ্রবাহ উৎপত্তির কারণ কি, তাহা দেখা যাউক।

পাত্রস্থ জলের উপরিভাগের বায়ু-চাপ জল দিয়া সঞ্চালিত হইয়া ছোট বাহুতে জল প্রবেশিত করিতেছে, এবং নলের বহিঃস্থ মুখ সেই বায়ুর চাপ প্রযুক্ত হইয়া বহিঃস্থ বাহুর জল উর্দ্ধে তুলিতে চেষ্টা করিতেছে। বায়ুর উভয় চাপ সমান হওয়াতে, এক চাপ অপর চাপকে নষ্ট করিতেছে। নলের বহিঃস্থ বাহু নিমজ্জিত বাহু অপেক্ষা দীর্ঘ হওয়াতে তন্মধ্যস্থ জলের ভার নিমজ্জিত বাহুর জলের ভার অপেক্ষা অধিক। এজন্য বেশী ভারের দিকে অর্থাৎ বহির্দ্দিকে জল পতিত হয়। একবার জলপূর্ণ হইলে, পাত্রের জলে নলের ছোট বাহুর মুখ যতক্ষণ নিমজ্জিত থাকিবে, ততক্ষণ উহা কার্য্য করিবে। যেহেতু দীর্ঘ বাহু হইতে কিঞ্চিন্মাত্র জল পতিত হইলেই, তাহার উপরিদেশ জড়পদার্থ-শূন্য হয়। তখন পাত্রস্থ জলের উপরিভাগে প্রযুক্ত বায়ুর চাপ (৩৯ প্রক) ক্ষুদ্র বাহু দিয়া তথায় জল প্রবেশিত করে।

প্রথমে জলপূর্ণ না করিয়া, বহিঃস্থ মুখে মুখ দিয়া বায়ু চুষিয়া লইলেও নল জলপূর্ণ হইবে।

(৪৪) বায়ুনিষ্কাশন-যন্ত্র। যে যন্ত্র দ্বারা কোন পাত্রস্থিত বায়ু দূরীকৃত করা যায়, তাহাকে বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্র বলে। পরীক্ষার জন্য সচরাচর কাচের বড় বড় আবরক ব্যবহৃত হয়। নিম্নস্থ চিত্রে একটি সামান্য প্রকারের বায়ু নিষ্কাশন-যন্ত্রের অভ্যন্তর দেখান হইয়াছে। চ এক পিত্তল কিম্বা কাচনির্ম্মিত চোঙ্গে অ অর্গল বায়ু-পথ রোধ করিয়া

যাতায়াত করিতে পারে। অর্গলে এক কবাট (ক) আছে, তাহা উর্দ্ধ দিকে মাত্র উদ্ঘাটিত হইতে পারে। এজন্য তাহা

২০শ চিত্র।

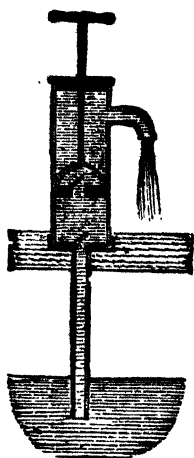
দিয়া বহিঃস্থ বায়ু চোঙ্গে প্রবেশ করিতে পারে না, কিন্তু চোঙ্গস্থ বায়ু বহির্গত হইতে পারে। চোঙ্গ ন নলদ্বারা এক পিত্তলনির্ম্মিত মসৃণ আধারপাত্রের সহিত সংযুক্ত আছে। চোঙ্গের ও নলের সংযোগস্থলে আর এক কবাট (ক') আছে। তাহাও উর্দ্ধদিকে মাত্র উদ্ঘাটিত হইতে পারে। আধার পাত্রের উপর কাচের আ আবরক বসান হইয়াছে।

যন্ত্রের কার্য্যপ্রণালী এক্ষণে দেখা যাউক। মনে কর, কোন কাচের পাত্র হইতে বায়ু নিষ্কাশিত করিতে হইবে। এক্ষণে পাত্রের তলে ঘৃত-মিশ্রিত মোম মাথাইয়া আধার-পাত্রের উপর বসাও। বায়ুপথ রোধ জন্য ঘৃতাদির প্রলেপ আবশ্যক হয়।* মনে কর, পরীক্ষার অগ্রে অর্গলটি

চোঙ্গের তলে আছে। এক্ষণে অর্গল ঊর্দ্ধে টান,চোঙ্গের তল ও অর্গল,—এতদুভয়ের মধ্যস্থিত স্থান এক প্রকার বায়ুশূন্য হইবে, এজন্য বাহিরের ও পাত্রের বায়ু ঐ স্থান পূর্ণ করিতে চেষ্টা করিবে। অর্গলের ক কবাট কেবল মাত্র ঊর্দ্ধ দিকে খোলা যায় বলিয়া, বহিঃস্থ বায়ু চোঙ্গে প্রবেশ করিতে পারিবে না। কিন্তু পাত্রের বায়ু অনায়াসে ক অর্গল খুলিয়া চোঙ্গে কিয়দংশ প্রবেশ করিবে (চিত্র দেখ)। পরে অর্গল নিম্নে চালিত করিলে, চোঙ্গস্থ বায়ু চাপ প্রাপ্ত হইবে। সুতরাং তাহা বহির্গত হইতে চেষ্টা করিবে। এজন্য তাহা র্ক কবাট বন্ধ রাখিয়া, ক কবাট খুলিয়া, কিয়দংশ বহির্গত হইবে। কিন্তু এই বায়ু উক্ত কাচ পাত্র হইতে আসিয়াছিল। সুতরাং পুনঃ পুনঃ অর্গল ঊর্দ্ধে ও নিম্নে চালিত করিলে, নিম্নদিকের প্রত্যেক চালনায় চোঙ্গের সুতরাং পাত্রের কিয়দংশ বায়ু এই প্রকারে দূরীভূত হইবে। অবশেষে পাত্রের বায়ু এত অল্প হইবে যে, তাহা আর চোঙ্গের কবাট খুলিতে পারিবে না। তখন ঐ যন্ত্র দ্বারা আর বায়ু নিষ্কাশিত হইবে না। কিন্তু পাত্রের মধ্যে তখন এত অল্প বায়ু থাকিবে যে, তাহা এক প্রকার বায়ুশূন্য বলা যাইতে পারে।

বায়ুনিষ্কাশন-যন্ত্র দ্বারা বায়ুঘটিত বহুপ্রকার পরীক্ষা করা যায়। তন্মধ্যে কয়েকটি ইতিপূর্ব্বে লিখিত হইয়াছে।

(৪৫) জল-তোলা চুষী-কল। পার্শ্বস্থ প্রতিকৃতিতে সাধারণ জল-তোলা কলের অভ্যন্তর ভাগ দেখান

হইয়াছে। এক চোঙ্গের মধ্যে একটি অর্গল বায়ু-পথ রোধ করিয়া যাতায়াত করিতে পারে। অর্গলে ও চোঙ্গের তলে দুইটি কবাট আছে, উভয়ে ঊর্দ্ধ দিকে মাত্র উদ্ঘাটিত হইতে পারে। চোঙ্গের তলদেশ হইতে এক নল গিয়া কোন জলাশয়ের জলে কিয়দংশ নিমজ্জিত আছে। চিত্র এবং বর্ণনা হইতে বেশ বুঝা গেল যে, ইহার গঠন ঠিক বায়ু নিষ্কাশন-যন্ত্রের ন্যায়। ফলতঃ কার্য্য-প্রাণালীও ঠিক তদ্রূপ। তাহার কার্য্য-প্রণালী বুঝিলে ইহার কার্য্য বুঝা নিতান্ত সহজ হইবে।

২১শ চিত্র।

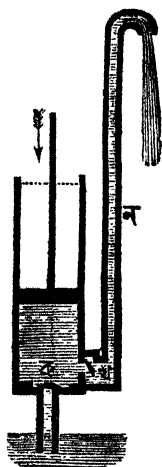
অর্গল প্রথম বার ঊর্দ্ধে চালিত করিলে, নলের কিয়দংশ বায়ু চোঙ্গে প্রবেশ করিবে। এজন্য (৪১ প্রক), নলস্থ বায়ুর চাপ বহিস্থঃ বায়ুর চাপ অপেক্ষা কম হওয়াতে, জলের উপরিভাগে প্রযুক্ত বায়ুর চাপ নলের মধ্যে জল ঠেলিয়া তুলিবে। অর্গল নিম্নে চালিত করিলে, চোঙ্গের কবাট বন্ধ হইবে, এবং অর্গলের কবাট খুলিয়া চোঙ্গের কিয়দংশ বায়ু বহির্গত হইবে। পরে অর্গল ঊর্দ্ধে চালিত করিলে, চোঙ্গস্থ বায়ুর চাপ পূর্ব্বাপেক্ষা কম হওয়াতে, নলের কিয়দংশ বায়ু তথায় প্রবেশ করিবে। এজন্য নলের জল পূর্ব্বাপেক্ষা কিঞ্চিৎ ঊর্দ্ধে উঠিবে। এই

প্রকারে অর্গল পুনঃ পুনঃ চালিত করিলে, চোঙ্গে জল উঠিবে।

এক্ষণে অর্গল নিম্নে চালিত করিলে, তদ্দ্বারা জল চাপ-প্রাপ্ত হইবে। এজন্য চোঙ্গস্থ কবাট বন্ধ করিয়া, কিয়দংশ জল অর্গলস্থ কবাট খুলিয়া অর্গলের উপর উঠিবে। ঊর্দ্ধে টানার সময়, অর্গলের উপরের জল অর্গলস্থ কবাট বন্ধ রাখিবে, কিন্তু অর্গলের নিম্নে কিয়দংশ স্থান খালি পড়াতে, নল দিয়া জলাশয়ের জল উঠিয়া চোঙ্গ পূর্ণ করিবে। তখন অর্গল নিম্নে চালিত করিলে, চোঙ্গস্থ জল আবার কবাট খুলিয়া অর্গলের উপর উঠিবে। এই প্রকারে জলাশয়ের জল অর্গলের উন্নতির সঙ্গে সঙ্গে উন্নত হইয়া চোঙ্গ-পার্শ্বস্থ মুখ দিয়া প্রবাহিত হইবে।

পূর্ব্বে (৩৯ প্রক) বলিয়াছি যে, বায়ু চাপ নির্ব্বাতস্থানে ৩৩ ফুট উচ্চ পর্য্যন্ত জল উত্তোলন করিতে পারে। এজন্য চোঙ্গ সম্পূর্ণরূপে নির্ব্বাত করিতে পারিলে, ৩৩ ফুট গভীর জলাশয় হইতে এই যন্ত্রদ্বারা জল তোলা যাইতে পারে। কিন্তু এই সকল যন্ত্র সম্পূর্ণরূপে বায়ুশূন্য করা সহজ নহে। এজন্য এই যন্ত্রদ্বারা ২৪।২৫ ফুট নিম্ন হইতে সচরাচর জল উত্তোলন করিতে পারা যায়।

(৪৬) **জল-তোলা দম-কল।** পূর্ব্বোক্ত চুষী-কল দ্বারা ২৪।২৫ ফুটের উচ্চে জল তুলিতে পারা যায় না। কিন্তু দম-কলদ্বারা যত উচ্চে প্রয়োজন হউক, তত উচ্চে জল

উত্তোলন করা যাইতে পারে। পার্শ্বস্থ চিত্রে একটি দমকলের অভ্যন্তর ভাগ দেখান হইয়াছে। চোঙ্গের পার্শ্বে ন একটি নল সংযুক্ত আছে। অর্গলে কবাট নাই। চোঙ্গ ও পার্শ্বস্থ নলের সংযোগস্থলে খ কবাট এবং চোঙ্গের তলে ক কবাট আছে। উভয় কবাট বহির্দ্দিকে মাত্র উদ্ঘাটিত হইতে পারে।

২২শ চিত্র।

ইহার কার্য্য-প্রণালী জল-তোলা চুষী-কলের কার্য্যের ন্যায়। অর্গল কয়েক বার চালিত করিলে চোঙ্গে জল উঠে। তখন অর্গল নিম্নে চালিত করিলে, চোঙ্গস্থ জল চাপ-প্রাপ্ত হয়। এজন্য ঐ জল, চোঙ্গের ক কবাট বন্ধ এবং নলের খ কবাট উদ্ঘা-টিত করিয়া নলমধ্যে প্রবেশ করে। অর্গল ঊর্দ্ধে চালিত করিলে খ কবাট তদুপরিস্থ জলের ও বায়ুর চাপবশতঃ বন্ধ হয়। কিন্তু ক কবাট খুলিয়া জলাশয়ের জল তন্মধ্যে প্রবেশ করে। অর্গলের পুনঃ পুনঃ চালনায় পার্শ্বস্থ নল দিয়া এই প্রকারে জল ক্রমশঃ ঊর্দ্ধে উঠিতে থাকে।

দমকলদ্বারা অত্যন্ত গভীর কূপাদি হইতে জল তুলিতে পারা যায়। কলিকাতা প্রভৃতি নগরে এই দমকলদ্বারা চোঙ্গ ও নল দিয়া দূরস্থিত দ্বিতল গৃহাদিতে পর্য্যন্ত জল প্রেরিত হইয়া থাকে।

চতুর্থ অধ্যায়।

শব্দ।

(৪৭) শব্দের উৎপত্তি ও প্রকৃতি। শ্রবণেন্দ্রিয় দ্বারা যে প্রাকৃতিক ব্যাপারের জ্ঞান হয়, তাহার নাম শব্দ।

ঢাক, কাঁসি, ঘণ্টা, বেহালা ইত্যাদি বাদ্য করিলে তাহাদিগের কম্পন উৎপন্ন হয়। এই কম্পন নানা প্রকারে প্রমাণ করা যায়। (১) একটি বাটীতে আঘাত করিলে শব্দ উৎপন্ন হইবে। সূক্ষ্ম সূত্রলম্বিত একটুক্‌রা সোলা বা অপর কোন লঘু দ্রব্য উহার গাত্রে ধর, দ্রব্যটি দোলিত হইতে থাকিবে। (২) কাঁসির উপর টুক্‌রা কাগজ, ধূলা ইত্যাদি রাখিয়া কাঁসি বাজাও, ধূলা প্রভৃতি দ্রব্য কম্পিত হইতে থাকিবে। হস্তদ্বারা কম্পন নষ্ট কর, উহাদিগের শব্দ বন্ধ হইয়া যাইবে। অতএব দ্রব্যাদির কম্পনই যে শব্দোৎপত্তির কারণ, তাহার বিন্দুমাত্র সন্দেহ নাই।

কোন বস্তুর কম্পন হইলেই আমাদিগের শব্দজ্ঞান হয় না। কর্ণকুহরের অন্তর্দ্বারে এক অতি সূক্ষ্ম চর্ম্ম আছে। উহাকে চরাচর কর্ণ-পটহ বলে। কোন বস্তু আঘাত পাইলে, তাহার কম্পন কর্ণে প্রবেশ করিয়া ঐ পটহকে কম্পিত করে। এই পটহ কম্পিত হইলে আমরা বলি যে, কোন শব্দ শুনিতেছি।

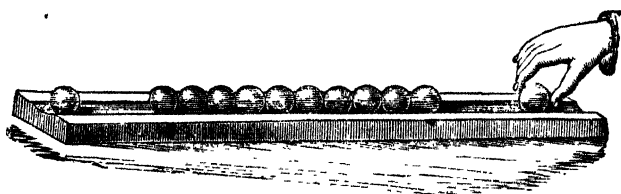
তবে শব্দজ্ঞান হইতে, প্রথমতঃ কোন বস্তুর কম্পন, দ্বিতীয়তঃ সেই কম্পনদ্বারা আমাদিগের কর্ণপটহের কম্পনোৎপাদন আবশ্যক। এক্ষণে জিজ্ঞাস্য এই যে, বস্তুর কম্পন কি প্রকারে কর্ণপটহ কম্পিত করে। অবশ্য কম্পিত বস্তু স্বয়ং কিম্বা তাহার কণিকা কর্ণে প্রবেশ করিয়া কর্ণপটহ কম্পিত করে না।

সাধারণতঃ, বায়ু এক স্থানের কম্পন অন্য স্থানে চালিত করে। নির্ব্বাত স্থানে ঘণ্টা প্রভৃতি বাজাইলে তাহার শব্দ আদৌ শ্রবণগোচর হয় না। এতদ্দ্বারা বেশ বুঝা যাইতেছে যে, বায়ু দিয়া বস্তুর কম্পন কর্ণে উপস্থিত হয়। কিন্তু কখন কখন কঠিন ও তরল পদার্থদ্বারাও কম্পন চালিত হইয়া থাকে।

আমি বলিয়াছি যে, দ্রব্যের কম্পন সাধারণতঃ বায়ু বহন করিয়া থাকে, এবং কম্পিত দ্রব্যের কণিকাসকল স্বস্থান হইতে যাইয়া কর্ণপটহ কম্পিত করে না। অধিকন্তু, বায়ু কিম্বা অন্য কোন পদার্থ যাহা দ্রব্যাদির কম্পন চালিত করে, তাহাদিগেরও কোন অংশ স্থানচ্যুত হয় না। এক্ষণে প্রশ্ন এই যে, তবে কি প্রকারে পদার্থের কম্পন ইহারা পরিচালিত করে। স্বস্থান ত্যাগ না করিয়া কোন পদার্থ কোন বস্তুর কম্পন স্থানান্তরে আনিতে পারে, ইহা প্রথমতঃ অসম্ভব মনে হয়। পরীক্ষাদ্বারা এই বিষয়টি বুঝিতে চেষ্টা করা যাউক।

(১) কোন স্থির জলে প্রস্তর-খণ্ড নিক্ষেপ কর। জলের তরঙ্গ উৎপন্ন হইবে। প্রস্তর যে স্থানে নিক্ষিপ্ত হইয়াছিল, তথা হইতে এই তরঙ্গ চতুর্দ্দিকে ধাবিত হইবে। জলকণিকা

কি এক স্থান হইতে স্থানান্তরে যাওয়াতে তরঙ্গের গতি উৎপন্ন হইল? তৃণ কিম্বা কাগজখণ্ড জলের কোন স্থানে নিক্ষেপ কর। তরঙ্গ উৎপন্ন হইলে ঐ তৃণ বা কাগজখণ্ড কেবল ঊর্দ্ধ ও অধোগত হইতে দেখা যাইবে। অতএব তৃণের নিম্নস্থ জলেরও কেবল ঊর্দ্ধ ও অধোগতি ব্যতীত অগ্র-গতি হয় না। এইরূপ গতিকে তরঙ্গ-গতি বলা যায়। কখন কখন যে তরঙ্গে ভাসমান দ্রব্যাদি স্থানান্তরিত হইতে দেখা যায়, তাহার অন্য কারণ থাকে; যথা, জলের স্রোত, প্রবল বায়ু ইত্যাদি।

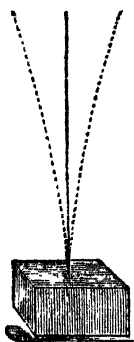
(২) এক অনতিদীর্ঘ রজ্জু টান করিয়া বাঁধিয়া তাহার কোন স্থানে আঘাত কর। আঘাত-প্রাপ্ত অংশ হইতে রজ্জুতে তরঙ্গ উৎপন্ন হইয়া তাহার প্রান্ত পর্য্যন্ত চালিত হইবে। এস্থলেও অবশ্য রজ্জুর কোন অংশ এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্তে যায় না।

২৩শ চিত্র।

(৩) কতকগুলি খেলাইবার মার্ব্বল লও। কোন তক্তার নালীর মধ্যে (২৩শ চিত্র) পরস্পর পরস্পরকে স্পর্শ কর, এরূপ

ভাবে শ্রেণীবদ্ধ করিয়া রাখ। এক্ষণে একটি মার্ব্বল লইয়া তাহার সম্মুখস্থ মার্ব্বলকে ধীরে আঘাত কর, তৎক্ষণাৎ শ্রেণীর শেষের মার্ব্বল দূরে অপসৃত হইতে দেখিবে। আরও দেখিবে যে, মধ্যস্থিত মার্ব্বলগুলি স্ব স্ব স্থানে আছে। তবে কি প্রকারে প্রথম মার্ব্বলে আঘাত শেষের মার্ব্বলকে দূরী-কৃত করিল? উত্তর এই যে, প্রথম মার্ব্বল দ্বিতীয় মার্ব্বলকে ঠেলিয়া দিয়া নিজে স্থির হইল; দ্বিতীয় মার্ব্বল তৃতীয় মার্ব্বলকে, তৃতীয় মার্ব্বল চতুর্থ মার্ব্বলকে এই প্রকার সম্মুখদিকে ঠেলিয়া দিয়া স্থির হইল। ইহাদ্বারা দেখা গেল যে, সমুদয় মার্ব্বল স্ব স্ব স্থান ত্যাগ না করিয়া এক স্থানের আঘাত অনায়াসে অন্য স্থানে লইয়া যাইতে পারে।

(৪) অপর একটি পরীক্ষা করা যাউক। ক খ গ ঘ চ পাঁচ জন বালককে সারি দিয়া দণ্ডায়মান করান গেল (২৪শ চিত্র)।

২৪শ চিত্র।

ক বালক খ বালকের পশ্চাতে দাঁড়াইয়া খ-র স্কন্ধে হস্ত দিয়া আছে। এইরূপ খ গ-র, গ ঘ-র, ঘ চ-র পশ্চাতে আছে। এক্ষণে মনে কর, আমি ক বালককে ঠেলিয়া দিলাম। ক খ-কে ঠেলিয়া স্বয়ং সোজা হইয়া দাঁড়াইল; খ গ-কে ঠেলিয়া সোজা হইয়া দাঁড়াইল, ঘ চ-কে ঠেলিয়া সোজা হইল; কিন্তু চ কাহাকেও ঠেলিতে না পাওয়ায় সম্মুখ দিকে পতিত হইল। চ কোন উচ্চ স্থানের প্রান্তে দণ্ডায়মান থাকিলে, নিম্নে পতিত হইত; কোন দেওয়ালের নিকট থাকিলে, সে তাহা আঘাত করিত; কোন ঢাকের নিকট থাকিলে তাহা আঘাত করিয়া তাহার বাদ্যোৎপাদন করিত। এইরূপে শ্রেণীবদ্ধ শতাধিক বালকের মধ্য দিয়া ক্ষণমাত্রে গতি সঞ্চালিত করিতে পারা যায়। প্রত্যেক বালক কেবল এদিক্ ওদিক্ হেলিয়া স্থির হইল মাত্র, কিন্তু কেহই তাহার স্থানচ্যুত হইয়া রহিল না।

২৫শ চিত্র।

এই সকল পরীক্ষা হইতে বুঝা গেল যে, এক বস্তুর কম্পন অন্য স্থানে বায়ু-মধ্য দিয়া কি প্রকারে যাইতে পারে। ইহা আরও ভাল করিয়া বুঝা যাউক। মনে কর, কোন কাষ্ঠখণ্ডে দৃঢ়-সংস্থিত তাম্রের প্রান্তে আঘাত করিলাম (২৫শ চিত্র)। এক্ষণে তাহা এদিক্ ওদিক্ দোলিতে হইতে

লাগিল। যখন দক্ষিণ দিকে দোলিত হইল, তখন তাহা সম্মুখস্থ বায়ু আঘাত করিতে লাগিল। সেই আঘাত-প্রাপ্ত প্রথম বায়ু আবার তাহার সম্মুখস্থ দ্বিতীয় বায়ু আঘাত করিতে লাগিল। এই প্রকারে একের আঘাত অন্যতে আসাতে অবশেষে কর্ণকুহরের বায়ু আঘাত পাইল। সেই বায়ুর কম্পনে তাহার সম্মুখস্থ পটহ আঘাত-প্রাপ্ত হইল। তখন তাহার কম্পনে শব্দজ্ঞান হইল; অর্থাৎ জানিলাম যে, কোন বস্তু আঘাত-প্রাপ্ত হইয়াছে।

(৪৮) শব্দ-পরিচালক। কেবল বায়ু শব্দ পরিচালক নহে। তরল ও কঠিন পদার্থও শব্দ বহন করিতে পারে। জলাদি তরল পদার্থের শব্দ-পরিচালকতা গুণ নিম্ন-লিখিত পরীক্ষা হইতে বেশ জানা যায়। জলে প্রস্তরখণ্ড কিম্বা কাংস্যাদি ধাতুময় পদার্থ আঘাত করিলে, জলের উপর তাহার শব্দ স্পষ্ট শুনিতে পাওয়া যায়। কিন্তু জলের মধ্যে শুনিলে আরও স্পষ্ট শ্রবণগোচর হয়। অনেকে জলে শরীর নিমজ্জিত করিয়া কথোপকথন করিতে পারেন। হাত কিম্বা গাত্র-মার্জ্জনী দ্বারা মুখ আবৃত করিয়া কেহ পুষ্করিণী কিম্বা নদীর এক-ঘাটে কথা কহিলে, দূরস্থিত অপর ঘাটে কোন ব্যক্তি মস্তক নিমজ্জিত করিলে, প্রথম ব্যক্তির কথা দ্বিতীয় ব্যক্তি স্পষ্ট শুনিতে পায়।

কিন্তু অনেক কঠিন পদার্থ অতি সুন্দররূপে এক স্থানের শব্দ অন্য স্থানে চালিত করে। (১), যদি কেহ টেবিলের

কিম্বা দীর্ঘ বাঁশের এক প্রান্ত ছুরিকা দ্বারা অতি ধীরে ধীরে ঘর্ষণ করে, অপর প্রান্তে কোন ব্যক্তি তাহাতে কর্ণ প্রয়োগ করিলে, সে ঘর্ষণ-শব্দ স্পষ্ট শুনিতে পায়।

(২) রাত্রিকালে ঘরের বাহির পথ দিয়া কোন লোক যাইলে, তাহার পদশব্দ ঘরে শায়িত মনুষ্যের সুস্পষ্ট শ্রবণ-গোচর হয়।

(৩) কোন বালক দন্ত দিয়া একগাছি যষ্টি ধরিল। আর একটি বালক যষ্টির অপর প্রান্তে আঘাত করিল; এতজ্জনিত শব্দ প্রথম বালক সুস্পষ্ট শুনিতে পাইবে। অঙ্গুলি দ্বারা কর্ণকুহর বন্ধ করিলেও স্পষ্ট শুনিতে পাইবে। ইহার কারণ এই যে, যষ্টির কম্পন দন্ত ও মস্তিষ্কের অস্থিসকল দিয়া কর্ণপটহ কম্পিত করাতে শব্দজ্ঞান হয়।

(৪) এক কি দেড় শত হস্ত দীর্ঘ সূত্রের কিম্বা সূক্ষ্ম রজ্জুর দুই প্রান্তে দুইটি এক-মুখ-খোলা কাষ্ঠের বাক্স সংলগ্ন কর। বাক্সের পরিবর্ত্তে দুইটি টিনের বা বাঁশের চোঙ্গ ব্যবহার করিতে পার। চোঙ্গের এক মুখ চিঠির কাগজ কিম্বা সূক্ষ্ম চর্ম্ম দ্বারা আবৃত করিয়া, তাহাতে সূত্র বা রজ্জু সংলগ্ন করিলে পরীক্ষা অধিকতর আশ্চর্য্য-জনক হইবে। এক্ষণে কোন বালক একটি বাক্স কিম্বা টিনের চোঙ্গ লইয়া কর্ণে প্রয়োগ করিলে এবং অন্য এক বালক রজ্জু টান করিয়া বাক্সের কিম্বা চোঙ্গের মধ্যে মুখ রাখিয়া কোন কথা বলিলে অপর বালক তাহা স্পষ্ট শুনিতে পাইবে। রজ্জুর পরিবর্ত্তে লৌহ-তার এবং

কাষ্ঠের বাক্সের পরিবর্ত্তে খেলাইবার কাষ্ঠের ক্ষুদ্র চোলক ব্যবহার করিলে বহুদূরস্থিত লোকের সহিত অনায়াসে কথা-বার্ত্তা করা যাইতে পারে। শ্রোতা তাহার কর্ণ বাক্সে না রাখিয়া, দন্ত দ্বারা তাহার প্রান্ত ধরিলেও কথা শুনিতে পাইবে।

এই সকল পরীক্ষাদ্বারা কঠিন পদার্থের শব্দ-পরিচালকতা প্রমাণিত হইতেছে। তারের মধ্য দিয়া অস্পষ্ট শব্দ সুস্পষ্ট শুনিবার অন্য এক কারণ আছে। খোলা বায়ুতে কথা কহিলে কথাজনিত কম্পন চতুর্দ্দিকে প্রধাবিত হয়। সুতরাং কর্ণপটহ তাদৃশ বলের সহিত কম্পিত হয় না। কিন্তু চোঙ্গ কিম্বা বাক্স মধ্যে কথা কহিলে, উহা কম্পিত হয় এবং সেই কম্পন তার কিম্বা রজ্জু মাত্র দিয়া চালিত হওয়াতে চতুর্দ্দিকে নষ্ট হইতে পায় না।

(৪৯) শব্দের বেগ। এক স্থানের শব্দের অন্য স্থানে যাইতে দূরত্বানুসারে অল্পাধিক সময় আবশ্যক হয়। নিকটে কোন বস্তু আঘাত-প্রাপ্ত হইবার সঙ্গে সঙ্গেই প্রায় আমরা তাহার শব্দ শুনিতে পাই। কিন্তু কিঞ্চিৎ দূরে—দুই শত হস্ত দূরে—কেহ কুঠারদ্বারা বৃক্ষচ্ছেদন করিলে যে সময় তাহার কুঠার বৃক্ষ আঘাত করে, ঠিক সেই সময় তাহার শব্দ আমরা শুনিতে পাই না। তাহার কিঞ্চিৎ বিলম্বে শুনিতে পাই। যত সেকেণ্ড পরে শব্দ শ্রবণগোচর হয়, দুই শত হস্ত স্থান আসিতে শব্দের তত সেকেণ্ড

আবশ্যক হইল। এক্ষণে দূরত্বকে সেকেণ্ড-সংখ্যা দিয়া ভাগ করিলে আমরা বায়ুতে শব্দের বেগ জানিতে পারি। এই প্রকারে সূক্ষ্ম উপায় দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, শীতল বায়ুতে প্রতি সেকেণ্ডে শব্দের বেগ প্রায় ১১০০ ফুট। উষ্ণ বায়ুতে উহার বেগ এতদপেক্ষা কিঞ্চিৎ অধিক।

ঝড়বৃষ্টি-কালে ভূ-পৃষ্ঠ হইতে মেঘ কতদূরে অবস্থিত, তাহা শব্দের বেগদ্বারা নিরূপণ করিতে পারা যায়। মেঘের কড়কড়-গর্জ্জন ও বিদ্যুৎ একই সময়ে উৎপন্ন হয়। বিদ্যুৎ যে মুহূর্ত্তে উৎপন্ন হয়, ঠিক প্রায় সেইক্ষণেই দেখিতে পাওয়া যায়। কিন্তু মেঘ-গর্জ্জন বিদ্যুৎ চমকিত হইবার কিছু পরে শুনা যায়। সুতরাং বিদ্যুৎ-খেলার যত সেকেণ্ড পরে মেঘ-গর্জ্জন শ্রবণগোচর হয়, তত সংখ্যা দিয়া শব্দের বেগ গুণ করিলে মেঘের দূরত্ব পাওয়া যায়। মনে কর, চপলা-চমকের ১৫ সেকেণ্ড পরে গর্জ্জন শুনা গেল। সুতরাং ১৫ × ১১০০ ফুট = ১৫ × ১১০০ ÷ ৩ × ১৭৬০ মাইল = ৩.১৩৫ মাইল দূরে মেঘ আছে জানা গেল।

বায়ু অপেক্ষা তরল পদার্থে, তরল পদার্থ অপেক্ষা কঠিন পদার্থে শব্দের বেগ অধিক। জলে শব্দের বেগ প্রতি সেকেণ্ডে প্রায় ৫,০০০ ফুট। কাষ্ঠে ও লৌহে ইহার বেগ প্রতি সেকেণ্ডে প্রায় ১৫,০০০ ফুট।

* (৫০) প্রতিধ্বনি। দশ পনর হস্ত দীর্ঘ রজ্জু টান করিয়া বাঁধ। রজ্জুর এক প্রান্ত আকর্ষণ করিয়া

ছাড়িয়া দাও, রজ্জুতে তরঙ্গ উৎপন্ন হইবে। এই সকল তরঙ্গ আকৃষ্ট প্রান্ত হইতে অন্য প্রান্তে গিয়া, তথা হইতে পরাবর্ত্তিত হইয়া পুনর্ব্বার প্রথম প্রান্তে যাইবে। আবার প্রথম প্রান্ত হইতে পরাবর্ত্তিত হইয়া দ্বিতীয় প্রান্তে যাইবে। এইরূপ বহুবার হইতে থাকিবে। এই প্রকার, শব্দ-জনিত বায়ু-তরঙ্গ উৎপন্ন হইয়া অগ্রসর হইতে হইতে কোন কঠিন পদার্থের সম্মুখে পড়িলে তদ্দ্বারা তাহা পরাবর্ত্তিত হইয়া শব্দের প্রতিধ্বনি উৎপন্ন করে। ক্ষুদ্রায়তন কঠিন পদার্থও শব্দ-তরঙ্গ পরাবর্ত্তিত করে, কিন্তু প্রতিধ্বনি অত্যন্ত ক্ষীণ হওয়াতে, তাহা শুনিতে বিশেষ যন্ত্রের আবশ্যক হয়। বৃহৎ অট্টালিকা হইতে প্রতিধ্বনি সুস্পষ্ট শুনিতে পাওয়া যায়। এজন্য দিবাভাগে নগরের রাজপথে ক্রমা-গত প্রতিধ্বনি উৎপন্ন হইয়া থাকে। কিন্তু জনতা ও শক-টের কোলাহলে তাহা শ্রুত হয় না। রাত্রিকালে লোক গমনা-গমন কম হইলে প্রতিধ্বনি স্পষ্ট শুনিতে পাওয়া যায়। সেই সময় পদদ্বারা রাজপথ আঘাত করিলে, তাহার প্রতিধ্বনি শ্রুতগোচর হয়। রজনীতে অনেকে রাজপথে নিজ পদ-প্রক্ষেপের প্রতিধ্বনিকে অপর লোকের পশ্চাদনুসরণ ভাবিয়া ভীত হইয়া থাকেন। যদ্দ্বারা শব্দ পরাবর্ত্তিত হয়, তাহা দূর-স্থিত হইলে এক শব্দের অনেক বার প্রতিধ্বনি শ্রবণগোচর হয়। এইরূপে কখন কখন দীর্ঘ দীর্ঘ বাক্য পর্য্যন্ত শুনিতে পাওয়া গিয়া থাকে।

(৫১) কোলাহল ও সঙ্গীত-শব্দ। আমরা নানা প্রকার শব্দ শুনিতে পাই। সঙ্গীতের মধুর শব্দ ও জনতার কোলাহল,—উভয়ের মধ্যে কত প্রভেদ! পূর্ব্বে (৪৭ প্রক) বলিয়াছি যে, কোন বস্তুর কম্পন কর্ণপটহ কম্পিত করিলে শব্দজ্ঞান হয়। সেই বস্তুর কম্পন একবার হইলে আমরা একবার মাত্র শুনি। বরাবর অনিয়মিতরূপে হইলে তাহা কর্ণে কেবল কলরবের ন্যায় বোধ হয়। কিন্তু কোন বস্তুর কম্পন নিয়মিতরূপে উৎপন্ন হইলে মধুর শব্দ উৎপন্ন হয়। এই মধুর শব্দকে সঙ্গীত-শব্দ বলা যায়। প্রতি সেকেণ্ডে কম্পন থাকিয়া থাকিয়া অল্পসংখ্যক হইলে কোমল বা নিম্ন স্বর এবং বহুসংখ্যক হইলে চড়া বা উচ্চ স্বর উৎপন্ন হয়। পরীক্ষা দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, প্রতি সেকেণ্ডে ২০,০০০ কম্পন হইলে চড়া স্বর এবং প্রতি সেকেণ্ডে ৫০টি মাত্র কম্পন হইলে কোমল স্বর উৎপন্ন হয়।

পঞ্চম অধ্যায়।

আলোক।

(৫২) আলোকের উৎপত্তি-স্থল। অন্ধকারে কোন পদার্থ দৃষ্টিগোচর হয় না। রজনীতে চন্দ্রের কোমল জ্যোৎস্না ও নক্ষত্রের ক্ষীণালোক অদৃশ্য পদার্থকে কিয়ৎ পরিমাণে দৃশ্যমান করে। গৃহ-মধ্যে দীপালোক-সাহায্যে গৃহস্থিত দ্রব্য আলোকিত হয়। আবার যখন কর্ম্মকার উত্তপ্ত লোহ অগ্নি হইতে বহির্গত করে, সেই উত্তপ্ত লৌহও এত আলোক দেয় যে, তাহার নিকটবর্ত্তী স্থানাদি দৃশ্যমান হয়। বৃক্ষাদি পরিপূর্ণ ক্ষেত্রে খদ্যোতের আলোকও অল্প আনন্দজনক নহে। সমুদ্রে এক প্রকার কীটাণু আছে, তাহা জোনাকি-পোকার ন্যায় আলোক বিকীর্ণ করিয়া সমুদ্রজলে হীরকবৎ জ্বলিতে থাকে। বেঙেরছাতি-জাতীয় কোন কোন গুল্মাদিও রাত্রিকালে কথঞ্চিৎ দীপ্তিমান্ হয়। কিন্তু যখন মেঘগর্জ্জনের সঙ্গে সঙ্গে বিদ্যুৎ চমকিত হইতে থাকে, তাহা হইতে এত প্রখর আলোক পাওয়া যায় যে, চক্ষুর সহ্য হয় না।

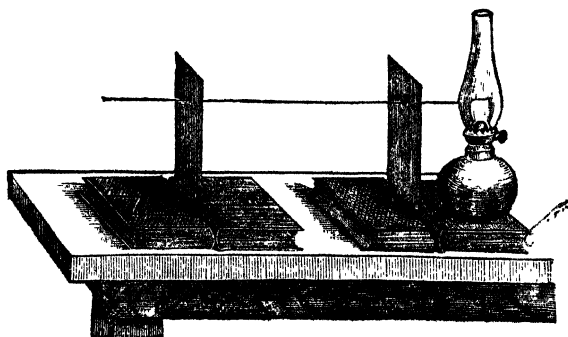
কিন্তু প্রাতঃকালে সূর্য্যোদয় হইলে রজনীর অন্ধকার বিনষ্ট এবং যাবতীয় পদার্থ আলোকময় হয়। সূর্য্যোলোকে দ্রব্যসকল যেরূপ স্পষ্ট নয়নগোচর হয়, অন্যান্য আলোকে

এরূপ স্পষ্ট না হইলেও চন্দ্র-নক্ষত্র-দীপাদি যে আলোক দান করে না, এরূপ বলা উচিত নহে।

(৫৩) আলোকের প্রকৃতি। সূর্য্য, নক্ষত্র, দীপাদি আলোক দেয়। আলোক কি কোন জড়পদার্থ? শব্দ যেরূপ কোন জড়-পদার্থ নহে, তদ্রূপ আলোকও কোন জড়-পদার্থ নহে। সূর্য্যাদি জ্যোতিষ্মান্ পদার্থের অণুসকলের কম্পন হয়। কিন্তু এই সকল কম্পন বায়ুদ্বারা পরিচালিত হয় না। বায়ু যে ইহাদিগের পরিচালক নহে, তাহা সহজেই বুঝা যায়। ভূ-পৃষ্ঠ হইতে বায়ুর গভীরতা ১০০।২০০ মাইলের অধিক নহে; অথচ কত লক্ষ লক্ষ মাইল দূরস্থিত সূর্য্য ও নক্ষত্রাদি হইতে আমরা আলোক পাই। এজন্য পণ্ডিতেরা অনুমান করেন যে, জগতের সমস্ত স্থান এক অদৃশ্য পদার্থবিশেষ দ্বারা ব্যাপ্ত রহিয়াছে। ইহার নাম ঈথর। অণুসকলের কম্পন ইহার তরঙ্গ দ্বারা (৪৭ প্রক, ১, ২) চালিত হইয়া চক্ষুর স্নায়ুকে কম্পিত করিলে দর্শনজ্ঞান হয়। ঈথর-তরঙ্গ সম্বন্ধে বিস্তারিত বিবরণ এখানে দেওয়ার আবশ্যক নাই।

(৫৪) আলোক সরল রেখাক্রমে প্রধাবিত হয়। শব্দ ও আলোকের কোন কোন বিষয়ে সাদৃশ্য থাকিলেও, উভয়ের মধ্যে অনেক বিষয়ে পার্থক্য আছে। কোন দিক্ হইতে আলোক আসিতেছে, তাহা চক্ষু সর্ব্বদা নিরূপণ করিতে পারে; কিন্তু শব্দ কোন দিক্ হইতে আসিতেছে, তাহা অনেক সময় কর্ণ নিরূপণ করিতে অসমর্থ হয়।

পুনশ্চ, শব্দের গতিপথে কোন বৃহৎ পদার্থ রাখিলেও তাহা কর্ণগোচর হয়, কিন্তু আলোকের গতিপথে কোন অনচ্ছ পদার্থ রাখিলে, তাহা চক্ষুগোচর হয় না।

আলোকের সরল রেখায় গতি অনায়াসে পরীক্ষা দ্বারা দেখা যাইতে পারে। (১) ছিদ্র দিয়া অন্ধকার গৃহ-মধ্যে সূর্য্য-কিরণ প্রবেশ করিলে বায়ুতে ভাসমান ধূলিকণিকা প্রকাশিত হয়। তাহাতে সূর্য্য-কিরণের গতি ঠিক সরল দেখা যায়।

২৬শ চিত্র।

(২) পুনশ্চ, দুইটি মোটা কাগজে ছিদ্র কর। পরে কোন দীপের সম্মুখে দুইটি কাগজ কিঞ্চিৎ অন্তর অন্তর করিয়া রাখ (২৬শ চিত্র)। এক্ষণে দেখ যে, যখন দুই ছিদ্র ও দীপ এক সরল রেখায় থাকিবে, তখনই কেবল ছিদ্র দিয়া দীপালোক দেখিতে পাওয়া যাইবে। ছিদ্র ও দীপ এক সরল রেখায় না থাকিলে ছিদ্র দিয়া দীপ দেখা যাইবে না।

(৫৫) স্বপ্রকাশ ও পরপ্রকাশ পদার্থ। যে সকল পদার্থ হইতে আলোক আইসে অর্থাৎ যাহাদিগকে আমরা দেখিতে পাই, তাহাদিগকে আলোকময় বলে। সূর্য্য, নক্ষত্র, দীপ, খদ্যোত প্রভৃতি স্বীয় আলোকে প্রকাশিত হয়; এজন্য উহাদিগকে স্বপ্রকাশ বলে। কিন্তু অধিকাংশ পদার্থ অপরের আলোক পাইয়া আলোকময় হয়। এজন্য উহাদিগকে পরপ্রকাশ বলে। অন্ধকার গৃহে কোন দ্রব্য দৃষ্টিগোচর হয় না, কিন্তু দীপ জ্বালিলে তৎক্ষণাৎ তাহা প্রকাশিত হয়। তদ্রূপ, চন্দ্রের ও গ্রহসকলের নিজের আলোক নাই,—তাহারা সূর্য্যালোক পাইয়া আলোকময় হয়।

(৫৬) আলোকের বেগ। দূরে কোন দীপ জ্বালিবা-মাত্রই আমরা তাহার আলোক দেখিতে পাই। ইহাতে মনে হইতে পারে যে, এক স্থান হইতে অন্য স্থানে যাইতে আলোকের কিঞ্চিৎ মাত্রও সময় আবশ্যক হয় না। কিন্তু বাস্তবিক, তাহা নহে। আলোকের বেগ এত প্রবল যে, তাহা সচরাচর লক্ষিত হয় না। পণ্ডিতেরা বিস্তর পরীক্ষা দ্বারা স্থির করিয়াছেন যে, ইহার বেগ প্রতি সেকেণ্ডে প্রায় ১,৮৬,০০০ মাইল। এক স্থান হইতে অন্য স্থানে যাইতে সময় আবশ্যক হয় বলিয়া সূর্য্য হইতে পৃথিবীতে আলোক আসিতে প্রায় ৮ মিনিট সময় লাগে।

(৫৭) স্বচ্ছ ও অস্বচ্ছ পদার্থ। বর্ণহীন সমস্ত বায়বীয় পদার্থ-মধ্য দিয়া আলোক অনায়াসে যাইতে পারে।

এজন্য তন্মধ্য দিয়া দ্রব্যসকল নয়নগোচর হয়। নির্ম্মল বায়ু আলোক-কিরণ নিতান্ত অল্প পরিমাণে নষ্ট করে; একারণ পর্ব্বতের শিরোদেশ হইতে বহুদূরস্থিত দ্রব্য সকল স্পষ্ট দেখিতে পাওয়া যায়। কুজ্ঝটিকা হইলে বায়ু অধিক পরিমাণে আলোক নষ্ট করে, এজন্য তখন দ্রব্যাদি অস্পষ্ট দেখা যায়। যে সকল পদার্থ আলোক-কিরণ অধিক শোষণ না করিয়া তন্মধ্য দিয়া অবাধে যাইতে দেয়, তাহাদিগকে স্বচ্ছ বলে।

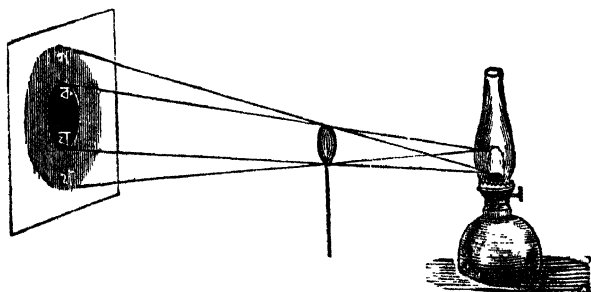
অধিকাংশ তরল পদার্থ স্বচ্ছ। কিন্তু রাশীকৃত অবস্থায় তত স্বচ্ছ নহে। অগভীর জল যেরূপ স্বচ্ছ, ৩। ৪ হাত গভীর হইলে তাহা তত স্বচ্ছ থাকে না।

অত্যল্প কঠিন পদার্থ স্বচ্ছ। কাচ, হীরক, সৈন্ধব লবণ, ফট্‌কিরি, অভ্র প্রভৃতি কঠিন পদার্থের মধ্যে স্বচ্ছ।

কিন্তু প্রায় যাবতীয় কঠিন পদার্থ তাহাদিগের ভিতর দিয়া আলোক যাইতে দেয় না; নিতান্ত সূক্ষ্ম পত্রবৎ না হইলে তাহারা সমস্ত আলোক-কিরণ শোষণ করে। ইহাদিগকে অনচ্ছ বলে।

* (৫৮) ছায়া। অনচ্ছ পদার্থের উপর কোন দিক্ হইতে আলোক পতিত হইলে, তাহার পশ্চাৎ দেশের কিয়দংশ স্থান অন্ধকারাবৃত হয়। সেই স্থানের নাম ছায়া।

ছায়ার আকৃতি ও বিস্তৃতি, (১) অনচ্ছ পদার্থের আকৃতি ও বিস্তৃতি, (২) আলোকের উৎপত্তি-স্থলের আকৃতি ও

বিস্তৃতি এবং (৩) তাহাদিগের মধ্যের অন্তর,—এই তিনটির উপর নির্ভর করে।

২৭শ চিত্র।

উপরের চিত্রে সামান্য রকমের এক কারোসিন দীপ দেখান হইয়াছে। দীপের সম্মুখে কাগজের ছোট এক চাকতি সূচীকার সহিত সংলগ্ন করিয়া ধরা হইয়াছে। চাকতির ছায়া বাম পার্শ্বে কোন শাদা দেওয়াল কিম্বা বড় কাগজে পতিত হইয়াছে।

ছায়া-পতনের কারণ এক্ষণে দেখা যাউক। শিখার উচ্চাংশ হইতে এক কিরণ চাকতির উচ্চাংশ দিয়া যাইয়া কাগজের ক চিহ্নিত স্থানে পতিত হইয়াছে; শিখার নিম্নাংশ হইতে এক কিরণ চাকতির নিম্নাংশ দিয়া যাইয়া কাগজের ঘ চিহ্নিত স্থানে পতিত হইয়াছে। এক্ষণে স্পষ্ট দেখা যাই-তেছে যে, ক এবং ঘ এতদুভয়ের মধ্যবর্ত্তী স্থানে কোন

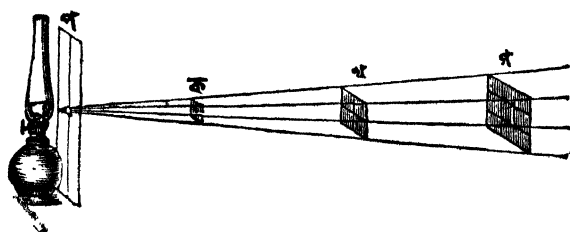
কিরণ পতিত হইতে পারে না। এই গাঢ় ছায়াকে পূর্ণ-চ্ছায়া বলা যায়।

এই পূর্ণচ্ছায়ার চতুর্দ্দিকে অল্পতর গাঢ় আর এক ছায়া দেখিতে পাওয়া যায়। দীপশিখা হইতে কিয়ৎ পরিমাণে আলোক পায় বলিয়া এই স্থান পূর্ণচ্ছায়ার ন্যায় গভীর নহে। পূর্ণচ্ছায়ার চারিদিকের ছায়াকে অপূর্ণচ্ছায়া বলা যাইতে পারে।

অপূর্ণচ্ছায়া পূর্ণচ্ছায়ার ন্যায় সর্ব্বত্র সমগাঢ় নহে। পূর্ণ-চ্ছায়া অপূর্ণচ্ছায়ায় ক্রমশঃ মিশিয়া থাকে। এইরূপ আবার অপূর্ণচ্ছায়া ক্রমশঃ অল্প অল্প করিয়া বাহিরের আলোকময় স্থানের সহিত মিশিয়া থাকে। ঐ কাগজ না সরাইয়া, দীপ ও চাকতির ব্যবধান হ্রাস করিলে পূর্ণচ্ছায়া ও অপূর্ণচ্ছায়া বৃদ্ধি এবং ঐ ব্যবধান বৃদ্ধি অনুসারে পূর্ণচ্ছায়া চাকতির সমান ও অপূর্ণচ্ছায়া সূক্ষ্ম হয়। এতদ্ভিন্ন, আলোকের উৎপত্তিস্থল যত ক্ষুদ্র হয়, অপূর্ণচ্ছায়া তত সূক্ষ্ম হইতে থাকে।

ছায়াপতন, চন্দ্রগ্রহণ ও সূর্য্যগ্রহণের এক প্রধান কারণ। পৃথিবী প্রদক্ষিণ করিতে করিতে চন্দ্র যখন পৃথিবীর ছায়া-মধ্যে আসিয়া পড়ে, তখন চন্দ্রগ্রহণ হয়। যখন চন্দ্র পৃথিবীর ও সূর্য্যের ঠিক মধ্যস্থলে আইসে, তখন চন্দ্রের ছায়া-মধ্যে পৃথিবী থাকাতে সূর্য্য সম্পূর্ণ দৃষ্টিগোচর হয় না। তখন সূর্য্যগ্রহণ হয়।

*** (৫৯) দূরত্বানুসারে আলোকের প্রাখর্য্যের হ্রাস।** কি প্রকারে আলোক চতুর্দ্দিকে প্রসারিত

হয় এবং দূরত্বানুসারে কি প্রকারে ছায়ার আকৃতি বর্দ্ধিত হয়, তাহা নিম্নস্থ চিত্রে (২৮শ চিত্র) দেখান হইয়াছে। কারোসিন দীপের শিখার বিস্তৃতি-বশতঃ পদার্থের অপূর্ণ-চ্ছায়ার উৎপত্তি হয়। ইহা নিবারণার্থে দীপের নিকটে ছিদ্রযুক্ত এক মোটা কাগজ (প) রাখিয়া আলোকের উৎপত্তি-স্থল ক্ষুদ্র কর। দীপ হইতে এক ফুট দূরে এক চতুষ্কোণ ক কাগজ রাখ; দুই ফুট দূরে খ কাগজ রাখিয়া তাহাতে

২৮শ চিত্র।

পতিত ক-র ছায়া পেন্‌সিল দ্বারা অঙ্কিত কর। দীপ হইতে তিন ফুট দূরে গ আর এক কাগজ রাখিয়া তাহাতে পতিত ক-র ছায়া অঙ্কিত কর। এক্ষণে খ-তে অঙ্কিত ছায়ায় ক বসাও; দেখ যে, ক অপেক্ষা এই ছায়া ৪ গুণ বড়। গ-তে অঙ্কিত ছায়ায় ক বসাও; দেখ যে, ক অপেক্ষা উহা ৯ গুণ বড়।

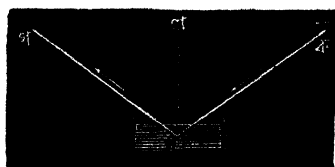
এক্ষণে খ-তে ও গ-তে ছায়ার আকৃতিমত দুইটি পুরু কাগজ কাট। পরে ক, খ, গ, তিনটি কাগজ দীপ হইতে

ক্রমান্বয়ে ১ ফুট, ২ ফুট ও ৩ ফুট অন্তরে ধর। দেখ যে, শুদ্ধ ক আলোকময় হইয়াছে, খ ও গ ছায়াবৃত আছে। ক অপসারিত কর; খ আলোকময় হইবে, কিন্তু গ তখনও অন্ধকারে থাকিবে। খ অপসারিত কর; গ আলোকময় হইবে। ইহাদ্বারা দেখা গেল যে, ১ ফুট দূরস্থিত ক-তে যতখানি আলোক পতিত হইতেছিল, ততখানি ২ ফুট দূরে ক অপেক্ষা ৪ গুণ বৃহৎ খ-তে, এবং ৩ ফুট দূরে ক অপেক্ষা ৯ গুণ বৃহৎ গ-তে পড়িতেছে। অতএব খ-র প্রত্যেক ক-পরিমিত স্থানে ক-তে পতিত আলোকের এক চতুর্থাংশ মাত্র, এবং গ-র প্রত্যেক ক-পরিমিত স্থানে ক-তে পতিত আলোকের এক নবমাংশ মাত্র আলোক পড়িতেছে।

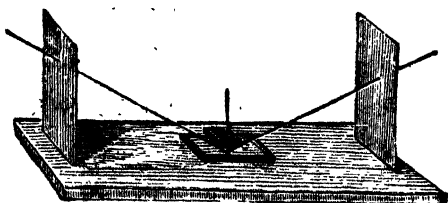
অতএব কোন দীপ হইতে কোন দ্রব্যের দূরত্ব ১, ২, ৩ ইত্যাদি দ্বারা সূচিত হইলে, সেই দ্রব্যের উপর আলোকের প্রাখর্য্য ১, $\frac{১}{৪}$, $\frac{১}{৯}$ ইত্যাদি দ্বারা সূচিত হইবে। সাধারণতঃ বলিতে পারি যে, আলোকের প্রাখর্য্য দীপ হইতে দূরত্বের বর্গানুসারে কম হয়।

(৬০) আলোক-পরাবর্ত্তন। ছিদ্র দিয়া অন্ধকার গৃহে প্রবিষ্ট সূর্য্যকিরণে এক দর্পণ ধর; কিরণের গতির দিক্ পরিবর্ত্তিত হইয়া যাইবে। দর্পণ নানা ভাবে ধর, সূর্য্যকিরণ তাহাতে প্রতিহত হইয়া বিভিন্ন দিকে প্রত্যাগত হইবে। দর্পণাদি মসৃণ চিক্কণ পদার্থদ্বারা আলোকের এইরূপ প্রত্যাগমনকে আলোক-পরাবর্ত্তন বলে।

নিম্নের চিত্রে শর-চিহ্নদ্বারা একটি কিরণের গতির দিক্ দেখান হইয়াছে। ক খ এক কিরণ দর্পণে প্রতিহত হইয়া খ গ দিকে যাইতেছে। খ পতন-বিন্দু দিয়া ল খ এক লম্ব দর্পণের উপর পাতিত করা হইয়াছে। ক খ কিরণকে পতিত কিরণ ও খ গ কিরণকে পরাবর্ত্তিত কিরণ বলে। দর্পণে আলোক পরাবর্ত্তিত হইলে দেখা যায় যে, ক খ ল কোণ

২৯শ চিত্র।

সর্ব্বদা গ খ ল কোণের সমান হয়। যে রকমেই দর্পণ ধরা যাউক, লম্ব ও পতিত কিরণের মধ্যস্থিত কোণ, লম্ব ও পরাবর্ত্তিত কিরণের মধ্যস্থিত কোণের সমান হইবে। এই দুই কোণকে ক্রমান্বয়ে পতন-কোণ ও পরাবর্ত্তন-কোণ বলে।

নিম্নলিখিত পরীক্ষাদ্বারা উক্ত নিয়ম প্রমাণ করা যাইতেছে। একটি পাতলা কাষ্ঠের কিম্বা মোটা সোলার মধ্যে করাত কিম্বা ছুরিকা দিয়া এক নালী কাট। পরে ঐ নালী-মধ্যে দর্পণের এক ধার প্রবেশ করাইয়া সোলা তাহার ঠিক মধ্যস্থলে বসাও (৩০শ চিত্র)। একটি দীর্ঘ সূচী উক্ত সোলাতে এরূপ ভাবে বিদ্ধ কর যেন তাহা দর্পণের ঠিক সমকোণে

থাকে। এক্ষণে দুইটি মোটা কাগজে সমান উচ্চে ছিদ্র করিয়া কাষ্ঠ কিম্বা পুস্তকাদি দ্বারা একটি কাগজ (ক) এরূপ

৩০শ চিত্র।

স্থানে রাখ যে, সূর্য্যকিরণ কিম্বা কোন দীপকিরণ ছিদ্র দিয়া দর্পণে পতিত হইতে পারে। অপর ছিদ্রযুক্ত কাগজ (খ) এরূপ স্থানে রাখ যে, পরাবর্ত্তিত কিরণ তাহার ছিদ্র দিয়া দেখা যাইতে পারে। এরূপ হইলে দেখিবে যে, ক ও খ কাগজ উভয়ে সূচী হইতে সমান দূরে রহিয়াছে। এতদ্দ্বারা বুঝা যাইবে যে, পতন-কোণ ও পরাবর্ত্তন-কোণ সমান।

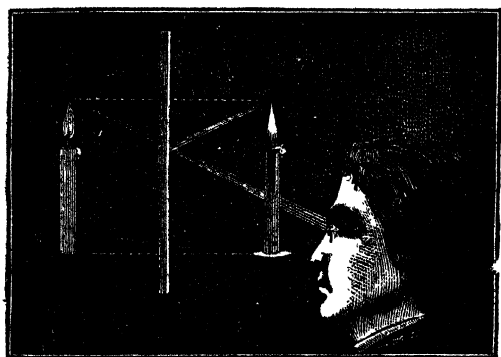
অন্ধকার গৃহে সূর্য্য-কিরণ প্রবেশিত করিয়া এই পরীক্ষাটি করিলে, বায়ুতে ভাসমান ধূলিকণা আলোক-কিরণে প্রকাশিত হওয়াতে পরীক্ষাটি সহজ হইবে। তখন পতিত ও পরাবর্ত্তিত কিরণ-পথ স্পষ্ট দেখিতে পাইবে। এক্ষণে এক আয়তাকৃতি মোটা কাগজ লইয়া তাহার এক দীর্ঘ বাহু দর্পণের উপর এবং এক ক্ষুদ্র বাহু সূচীর গাত্রে রাখ। পেন্‌সিল দিয়া পতিত কিরণের দিক্ কাগজের উপর অঙ্কিত করিলে

পতন-কোণ পাইবে। ঐ অঙ্কিত কোণ পরাবর্ত্তন-কোণের উপর রাখ; দেখ যে, পরাবর্ত্তন-কোণ, পতন-কোণের ঠিক সমান। ক কাগজ দর্পণের নিকটে বা দূরে আনিলে, পতন-কোণের হ্রাস বা বৃদ্ধি হইবে। কিন্তু উভয় কোণ সর্ব্বদা সমান দেখিবে। আরও দেখিবে যে, পতিত ও পরাবর্ত্তিত কিরণ এবং লম্বরেখা এক ক্ষেত্রে সর্ব্বদা অবস্থিত থাকে।

কোন কিরণ দর্পণের ঠিক লম্বরূপে পতিত হইলে, সেই লম্ব দিয়াই তাহা পরাবর্ত্তিত হয়। এজন্য পতিত ও পরাবর্ত্তিত কিরণ এক দেখা যায়। এস্থলে পতন-কোণ কিছুই নাই, এজন্য পরাবর্ত্তন-কোণও কিছুই নাই।

(৬১) দর্পণ। আলোক-পরাবর্ত্তনকারী বস্তুমাত্রকেই দর্পণ বলা যায়। কাচ, জল, পারদ, চিক্কণ রৌপ্য, কাংস্য প্রভৃতি সকলই দর্পণ। আমরা সচরাচর যে দর্পণ ব্যবহার করিয়া থাকি, তাহা কাচের উপর রাঙ্গ-মিশ্রিত পারদের প্রলেপ দিয়া নির্ম্মিত হইয়া থাকে। এই পারদ দ্বারাই কিরণ পরাবর্ত্তিত হয়।

দর্পণে যে তাহার সম্মুখস্থ দ্রব্যসকল প্রতিফলিত হইয়া তাহাদিগের প্রতিরূপ উৎপন্ন হয়, তাহা সকলেই জানেন। কি প্রকারে এই প্রতিরূপ উৎপন্ন হয়, তাহা এখানে বুঝান যাইতেছে। ৩১শ চিত্রে দর্পণের সম্মুখে এক প্রজ্জ্বলিত বাতি রাখা হইয়াছে। বাতি-শিখার সর্ব্বোচ্চ কোন বিন্দু হইতে কিরণ দর্পণে পরাবর্ত্তিত হইয়াছে। পরাবর্ত্তনের

নিয়মানুসারে প্রত্যেক পতিত কিরণ ও তাহার পরাবর্ত্তিত কিরণ পতন-বিন্দুর লম্বের সহিত সমকোণে অবস্থিতি করিয়াছে। এজন্য যদি এই সকল পরাবর্ত্তিত কিরণ দর্পণের পশ্চাৎ দিকে বর্দ্ধিত করা যায়, তাহা হইলে তাহারা এক বিন্দুতে মিলিত হইবে। জ্যামিতি-সাহায্যে প্রমাণ করা যাইতে পারে যে, ঐ বিন্দু ও তাহার

৩১শ চিত্র।

প্রতিরূপ এক রেখাদ্বারা যোগ করিলে, সেই রেখা দর্পণের এক লম্বরেখা হইবে। অধিকন্তু, দর্পণ হইতে বিন্দু যত দূর সম্মুখে অবস্থিত, তাহার প্রতিরূপ তাহা হইতে ঠিক তত দূর পশ্চাতে অবস্থিত হইবে।

দর্পণের সম্মুখস্থিত বস্তুর প্রত্যেক বিন্দুর এই প্রকারে এক প্রতিরূপ হয়৷ এই সকল প্রতিরূপ একত্র হইয়া

বস্তুর সমান আকৃতি ও বিস্তৃতি-বিশিষ্ট হয়। এজন্য কেহ পরাবর্ত্তিত কিরণে চক্ষু রাখিলে তাঁহার বোধ হইবে যেন, দর্পণের পশ্চাৎ-স্থিত কোন বাতি হইতে আলোক আসিতেছে।

পূর্ব্বোক্ত নিয়মের সাহায্যে কোন দর্পণের কাচ কত মোটা, তাহা অনায়াসে নিরূপণ করিতে পারা যায়। কাচের উপর পেন্‌সিলের অগ্র রাখ; কাচ যতখানি মোটা, কিরণ-পরাবর্ত্তক পারদ হইতে উহা ততখানি দূরে থাকিবে; সুতরাং পারদের ঠিক ততখানি পশ্চাতে পেন্‌সিলের প্রতিরূপের অগ্র দেখা যাইবে। এজন্য পেন্‌সিলের ও প্রতিরূপের অগ্রদ্বয়ের মধ্যবর্ত্তী অন্তর কাচের স্থূলতার দ্বিগুণ।

দর্পণে মনুষ্যের ঠিক প্রতিরূপ উৎপন্ন হয়। কিন্তু মনুষ্যের দক্ষিণ হাত কি দক্ষিণ পার্শ্ব যে দিকে থাকে, প্রতিরূপের যেন তাহা বামদিকে রহিয়াছে এরূপ দেখায়। মনুষ্য দক্ষিণ হস্ত উত্তোলন করিলে প্রতিরূপ-মনুষ্যকে বাম হস্ত উত্তোলন করিতে দেখা যায়। অতএব দর্পণে মনুষ্যের প্রতিরূপ সমুদায় অংশে ঠিক হইলেও, তাহার পার্শ্ব-বিপর্য্যয় ঘটে। স্থির চিত্তে দেখিলে বুঝিতে পারা যায় যে, মনুষ্য যেরূপ দর্পণের সম্মুখে অবস্থিত, তাহার প্রতিরূপও দর্পণের পশ্চাতে তদ্রূপ অবস্থিত থাকে। দুইটি মনুষ্য পরস্পর পরস্পরের সম্মুখে থাকিলে যেরূপ দেখায়, মনুষ্য ও তাহার প্রতিরূপও ঠিক সেইরূপ দেখায়।

(৬২) পদার্থ সকল কোন্ দিকে দেখা যায়। দর্পণে কিরণ-পরাবর্ত্তন দেখিয়া সহজেই বুঝা যায় যে, পরাবর্ত্তিত কিরণ যে দিক্ হইতে আইসে, সেই দিকেই যেন পদার্থ রহিয়াছে এরূপ দেখা যায়। কোন দর্পণে সূর্য্যকিরণ পরাবর্ত্তিত করিয়া সেই পরাবর্ত্তিত কিরণকে আবার আর একটি দর্পণ দ্বারা পরাবর্ত্তিত কর। দেখ যে, সূর্য্যের দ্বিতীয় প্রতিরূপের অবস্থান প্রথম প্রতিরূপের অবস্থান হইতে ভিন্ন। এই দ্বিতীয় পরাবর্ত্তিত কিরণে চক্ষু রাখ, সেই কিরণের দিকে সূর্য্য দেখিতে পাইবে।

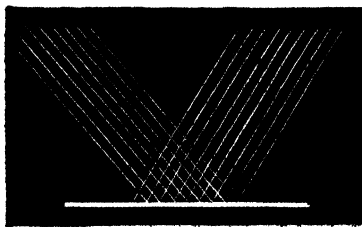
এই নিয়মটি যাবতীয় আলোক-ঘটিত ব্যাপারে দৃষ্ট হয়। দ্রব্যটি যে স্থানেই থাকুক, তাহা হইতে কিরণসকল চক্ষুতে পতিত হইবার সময় যে রেখায় আইসে, সেই রেখায় তাহা দেখা যায়। এজন্য আমরা অনেক সময় দ্রব্যসকল নিজ নিজ স্থানে না দেখিয়া অন্য স্থানে দেখি।

(৬৩) কিরণ-পরিব্যাপ্তি। আমি বলিয়াছি যে, কোন দ্রব্যের পৃষ্ঠদেশ মসৃণ ও চিক্কণ হইলে আলোক নির্দ্দিষ্ট দিকে পরাবর্ত্তিত হয়। কিন্তু যদি তাহা না হয়? পরীক্ষা দ্বারা উহার উত্তর স্থির করা যাউক।

অন্ধকার গৃহে দর্পণ দ্বারা সূর্য্যকিরণ প্রবেশিত করিয়া আলোক-পথে এক দর্পণ ধর; সূর্য্যের প্রতিরূপ দেওয়ালে পতিত হইবে, এবং পরাবর্ত্তিত কিরণ-পথ ব্যতীত গৃহের অপর সমস্ত স্থান অন্ধকারাবৃত থাকিবে। কিরণ-পথে এক

শাদা কাগজ ধর; সূর্য্যের প্রতিরূপ না দেখিয়া গৃহের অধিকাংশ স্থান কিয়ৎ পরিমাণে আলোকময় দেখা যাইবে। ইহার কারণ অবশ্য কাগজ দ্বারা সূর্য্যকিরণের পরাবর্ত্তন; কিন্তু ইহা কোন নির্দ্দিষ্ট দিকে না হইয়া সর্ব্ব দিকে হওয়াতে গৃহের এত স্থান আলোকময় হইল।

এই পরীক্ষা হইতে দেখা গেল যে, মসৃণ চিক্কণ পৃষ্ঠদেশ হইতে আলোক এক নির্দ্দিষ্ট দিকে এবং অমসৃণ ও অচিক্কণ পৃষ্ঠদেশ হইতে আলোক অনির্দ্দিষ্ট বা সর্ব্ব দিকে পরাবর্ত্তিত হয়। এই প্রকার সর্ব্বদিকে আলোক-পরাবর্ত্তনকে আলোক-পরিব্যাপ্তি বলে।

ইহা কি প্রকারে সংঘটন হয়, তাহা নিম্নস্থ দুই চিত্রে (৩২শ, ৩৩শ চিত্র) দেখান হইয়াছে। প্রথম চিত্রে, দর্পণের পৃষ্ঠদেশ মসৃণ হওয়াতে অর্থাৎ তাহাতে উচ্চনীচ অংশ না

৩২শ চিত্র।

থাকাতে পতিত কিরণগুলি যেমন সমান্তরাল, পরাবর্ত্তিত কিরণগুলিও তেমনই পরস্পর সমান্তরাল হইয়াছে। কিন্তু

দ্বিতীয় চিত্রে, পৃষ্ঠদেশ অমসৃণ অর্থাৎ তাহাতে উচ্চনীচ স্থান থাকাতে, সমান্তরাল সমস্ত পতিত কিরণ পরাবর্ত্তিত হইয়া সমান্তরাল না হইয়া সকোণ হইয়াছে।

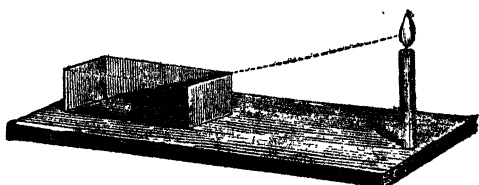
৩৩শ চিত্র।

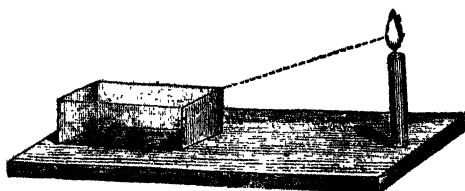
এই পরীক্ষা হইতে আরও কিছু জানিতে পারি। দর্পণে সূর্য্যকিরণ পরাবর্ত্তিত হওয়াতে দেওয়ালে সূর্য্যের প্রতিরূপ দেখা গেল। কিন্তু তাহাতে দর্পণ অধিকতর সুস্পষ্ট দৃষ্টিগোচর হইল না। ইহার কারণ অতি সহজ। দর্পণে কিরণ পরাবর্ত্তিত হইয়া তাহাদের প্রায় সমুদায়গুলি এক নির্দ্দিষ্ট দিকে গেল। অতি অল্প কিরণ অন্যান্য দিকে বিক্ষিপ্ত হওয়াতে তোমার চক্ষুতে অল্প আলোক আসিয়া উপস্থিত হইল। কিন্তু কিরণ-পথে শাদা কাগজ ধরাতে অন্যরূপ দেখা গেল। কাগজ হইতে আলোক পরাবর্ত্তিত হইয়া সর্ব্ব দিকে বিক্ষিপ্ত হইল; এজন্য এই বিক্ষিপ্ত কিরণের অনেকগুলি তোমার চক্ষুতে পতিত হওয়াতে, কাগজ

সুন্দররূপে দৃষ্টিগোচর হইল। শুদ্ধ কাগজ নহে, যে সকল দ্রব্যে কাগজ হইতে আলোক পড়িয়াছে, তৎসমুদায়ও দৃষ্টিগোচর হইল।

এই প্রকারে আমরা যাবতীয় দ্রব্য দেখিতে পাই। সূর্য্যের কিম্বা দীপের আলোক দ্রব্যসকল দ্বারা পরাবর্ত্তিত হইয়া চতুর্দ্দিকে বিক্ষিপ্ত হয়। এজন্য সর্ব্ব দিক্ হইতেই আমরা ঐ সকল দ্রব্য দেখিতে পাই। মেঘ, জল, গৃহ, ঘাসাবৃত মাঠ, কাপড়, পুস্তক, ইত্যাদিতে সূর্য্যালোক পতিত হইয়া পুনঃ পুনঃ সর্ব্বদিকে পরাবর্ত্তিত হয়। ইহারই জন্যে আমরা গৃহমধ্যে থাকিয়াও গৃহ প্রকাশিত দেখি এবং সূর্য্যোদয়ের অগ্রে ঊষা এবং সূর্য্যাস্তের পর গোধূলি সম্ভোগ করি।

(৬৪) আলোকের বক্র-গতি। কোন দ্রব্যের উপর আলোক পতিত হইলে, কিয়দংশ আলোক তাহা হইতে পরাবর্ত্তিত হয়। দ্রব্যের পৃষ্ঠদেশ যতই মসৃণ ও চিক্কণ হয়, ততই অধিক কিরণ পরাবর্ত্তিত হয়। কিন্তু যথেষ্ট মসৃণ ও চিক্কণ হইলেও তাহা দ্বারা এক শত কিরণের এক শতই পরাবর্ত্তিত হয় না। এক শত কিরণের অনেক-গুলি দ্রব্যের অভ্যন্তর-গত হয়। এই সকল অভ্যন্তর-গত কিরণ পৃষ্ঠদেশের নিকটে থাকিতে থাকিতেই দ্রব্যদ্বারা শোষিত হইলে দ্রব্যটি অনচ্ছ হয়, এবং প্রায় সমস্তই অপর দিকে নির্গমন করিলে দ্রব্যটি স্বচ্ছ হয়।

এক স্বচ্ছ পদার্থ হইতে অন্য স্বচ্ছ পদার্থে প্রবেশকালে কিরণের দিক্ পরিবর্ত্তিত হইয়া যায়। পরীক্ষা দ্বারা কিরণের বক্র-গতি দেখা যাউক। (১) একটি টিনের বাক্স লও। একটা কারোসিন দীপ বা বাতি হইতে এই বাক্স এমন দূরে রাখ যে, উহার তলদেশ ঠিক সম্পূর্ণরূপে এক পার্শ্বের ছায়ায়

৩৪শ চিত্র।

আবৃত থাকিতে পারে (৩৪ চিত্র)। পরে বাক্স জলপূর্ণ কর; দেখ যে, বাক্সের তলার সমুদায় অংশ এক্ষণে ছায়ায়

৩৫শ চিত্র।

নাই (৩৫শ চিত্র)। অর্থাৎ জলপূর্ণ করিবার অগ্রে বায়ুতে কিরণসকল যে পথে যাইতেছিল, জলপূর্ণ করিবার পর

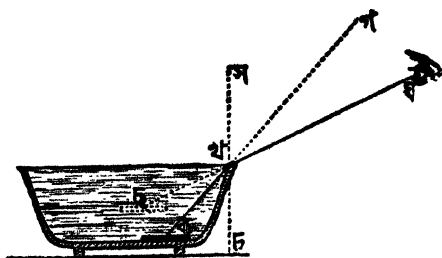
তাহারা বায়ু হইতে জলে প্রবেশ করাতে বক্রীভূত হইয়াছে। ঘর অন্ধকার করিয়া পরীক্ষাটি করিলে সুন্দর দেখা যাইবে।

এক স্বচ্ছ পদার্থ হইতে অন্য স্বচ্ছ পদার্থ-মধ্যে গমন-কালে আলোকের এই প্রকার দিক্-পরিবর্ত্তনকে তাহার বক্র-গতি বলা যায়। যখন তাহা স্বচ্ছ পদার্থের পৃষ্ঠের উপর লম্বভাবে পতিত হয়, তখনই কেবল দিকের কোন পরিবর্ত্তন ঘটে না।

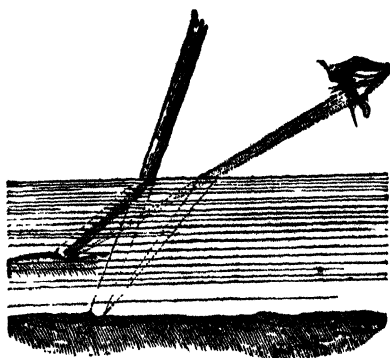
(২) একটা বাটীতে একটা পয়সা রাখিয়া তুমি এমত স্থানে দাঁড়াও যে, বাটীর কাণার উপর দিয়া পয়সাটি প্রায় দৃষ্টিগোচর হয় না (৩৬শ চিত্র)। এক্ষণে ধীরে ধীরে জল ঢালিয়া কেহ বাটী পূর্ণ করিল। জলপূর্ণ হইলে সমস্ত পয়সাটি বাটীর তলার সহিত কিঞ্চিৎ ঊর্দ্ধে উত্থিত দেখিবে।

নিম্নস্থ চিত্র দ্বারা ইহার কারণ বুঝান যাইতেছে। ক খ এক কিরণ পয়সা হইতে আসিতেছে; যখন বাটী জলপূর্ণ হয় নাই, তখন অবশ্য ইহা ক খ গ সরল রেখায় গিয়াছিল। চক্ষু সেই রেখায় না থাকায় পয়সার সেই অংশটি অদৃশ্য ছিল। জলপূর্ণ হইবামাত্র ক খ কিরণ এক স্বচ্ছ পদার্থ (জল) হইতে অন্য এক স্বচ্ছ পদার্থে (বায়ুতে) প্রবেশ করিতেছে, প্রবেশকালে তাহা খ ঘ দিকে বক্রীভূত হইল। তথায় চক্ষু থাকাতে পয়সা ঘ খ-র দিকে (৬২ প্রক) ছ স্থানে দেখা গেল।

ক খ কিরণকে পতিত কিরণ ও খ ঘ কিরণকে বক্রীভূত কিরণ বলে। খ বিন্দু দিয়া স খ চ এক লম্ব জলের পৃষ্ঠদেশে

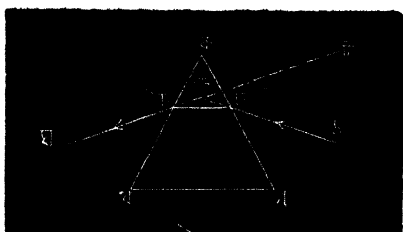
পাতিত কর। ক খ চ কোণ অর্থাৎ পতনবিন্দু দিয়া জলের পৃষ্ঠদেশের লম্বরেখা এবং পতিত কিরণ,—এতদুভয়ের মধ্যবর্ত্তী কোণকে পতন-কোণ এবং স খ ঘ কোণ অর্থাৎ পতনবিন্দু দিয়া পৃষ্ঠদেশের লম্বরেখা এবং বক্রীভূত কিরণ—এতদুভয়ের মধ্যবর্ত্তী কোণকে বক্রগতি-কোণ বলে।

৩৬শ চিত্র।

জল হইতে বায়ুতে প্রবেশ-কালে বক্রীভূত কিরণ পতিত কিরণ-পথে না গিয়া লম্বরেখার দূরস্থ হয় (৩৬শ চিত্র)। অন্য পক্ষে, বায়ু হইতে জলে প্রবেশকালে বক্রীভূত কিরণ পতিত কিরণ-পথে না গিয়া লম্বরেখার নিকটস্থ হয় (৩৫শ চিত্র)। এইরূপ, বায়ু হইতে কাচে প্রবেশকালে কিরণ বক্রীভূত হয়, কিন্তু জলে প্রবেশকালে উহা লম্বরেখার যত নিকটস্থ হয়, কাচে প্রবেশকালে তদপেক্ষা অধিকতর নিকটস্থ হয়। অর্থাৎ বায়ু অপেক্ষা জল এবং জল অপেক্ষা কাচ কিরণকে অধিক বক্রীভূত করে।

(৩) আলোকের বক্র-গতি নিমিত্ত জলে নিমজ্জিত যষ্টি ভগ্ন বোধ হয়। জলে যষ্টি নিমজ্জিত কর (৩৭শ চিত্র)। নিমজ্জিত অংশ হইতে কিরণ জল হইতে বায়ুতে প্রবেশকালে লম্বরেখার দূরস্থ হইবে। এবং যেহেতু (৬২ প্রক) বক্রীভূত কিরণের দিকে নিমজ্জিত অংশ দেখা যায়, তজ্জন্য যষ্টি যেন

৩৭শ চিত্র।

জলের পৃষ্ঠদেশে ভগ্ন হইয়াছে, এমত দেখায়। শুদ্ধ ইহাই নহে, যষ্টি যেন জলের তলার সহিত ঊর্দ্ধে উঠিয়াছে, এমত দেখায়। কোন পাত্রের কিম্বা জলাশয়ের জলের গভীরতা ৪ হাত হইলে ঠিক উপর হইতে দেখিলে একারণ বস্তুতঃ তাহা ৩ হাত বোধ হয়। জলে মৎস্যকে যে স্থানে বিচরণ করিতে দেখা যায়, বাস্তবিক তাহা সে স্থানের নিম্নে থাকে।

(৬৫) ত্রিপার্শ্ব কাচ। পার্শ্বস্থ চিত্রের ন্যায় আকৃতি-বিশিষ্ট কাচকে ত্রিপার্শ্ব কাচ কহে। অনেকে ঝাড়ের কলম দেখিয়া থাকিবেন। তাহার অধিকাংশের এই প্রকার আকৃতি। ক খ গ এক ত্রিপার্শ্ব কাচ দৈর্ঘ্যের সমকোণে কাটিয়া দেখান হইয়াছে (৩৯শ চিত্র)। ঙ ছ এক কিরণ বায়ু হইতে কাচে প্রবেশ-কালে, ঙ ছ জ রেখায় না গিয়া ছ বিন্দুতে বক্রীভূত হইল। কাচের মধ্যে তাহা ছ চ সরল রেখায় গেল। কিন্তু চ-তে আসিয়া ইহাকে কাচ হইতে বায়ুতে নির্গত হইতে

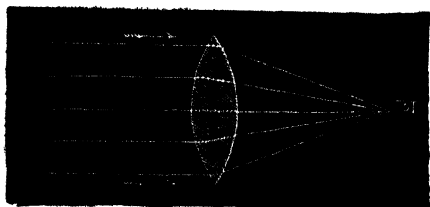
৩৮শ চিত্র

৩৯শ চিত্র।

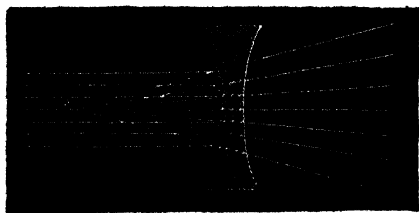
হইল। এজন্য চ বিন্দুতে আবার বক্রীভূত হইয়া চ ঘ রেখা দিয়া গেল। দুইবার বক্রীভূত হওয়াতে ঙ ছ পতিত কিরণ এবং চ ঘ নির্গত কিরণ,—এতদুভয়ের মধ্যে ঙ জ ট কোণ হইল। অর্থাৎ পতিত কিরণ এরূপ কাচখণ্ডের অভ্যন্তর দিয়া যাইয়া, নির্গমন করিলে কাচের স্থূলভাগ

দিকে বক্রীভূত হয়। কোন দ্রব্য হইতে ঙ ছ কিরণ যাইলে এবং চ ঘ নির্গত কিরণপথে চক্ষু রাখিলে দ্রব্যটিকে স্বস্থানে না দেখিয়া তাহার কিঞ্চিৎ ঊর্দ্ধে খ চ ট রেখায় দেখা যাইবে।

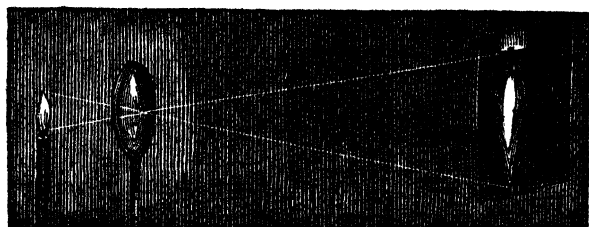
৪০শ চিত্র।

(৬৬) দৃষ্টি-কাচ। কাচখণ্ডের পার্শ্বদেশ সমপৃষ্ঠ না হইয়া গোলকাংশ হইতে পারে। উপরের চিত্রে তিন তিন করিয়া ছয় প্রকার দৃষ্টি-কাচ কর্ত্তন করিয়া দেখান হইয়াছে। প্রথম তিন দৃষ্টি-কাচের মধ্যদেশ স্থূল এবং প্রান্তদেশ সূক্ষ্ম; দ্বিতীয় তিন দৃষ্টি-কাচের মধ্যদেশ সূক্ষ্ম এবং প্রান্তদেশ স্থূল। ত্রিপার্শ্ব কাচ দিয়া কিরণ নির্গমন করিলে যেরূপ তাহা কাচের স্থূলদেশ দিকে বক্রীভূত হয়, তদ্রূপ এই সকল কাচ দিয়া কিরণ নির্গমন করিলে তাহাদিগের স্থূলভাগ দিকে বক্রীভূত হয়। এজন্য প্রথম তিন কাচের যে কোন একটিকে সূর্য্যকিরণে ধরিলে (৪১শ চিত্রে), কিরণসকল কাচ দিয়া নির্গত হইয়া তাহার স্থূলভাগের (মধ্যদেশের) দিকে

বক্রীভূত হইয়া এক বিন্দুতে (অ) একত্রিত হয়। এই বিন্দুকে কিরণ-সমাহার-কেন্দ্র বলে; এবং দৃষ্টি-কাচ হইতে ঐ বিন্দুর বা কেন্দ্রের দূরতাকে তাহার কৈন্দ্রিক দূরতা কহে।

৪১শ চিত্র।

দ্বিতীয় তিন দৃষ্টি-কাচের যে কোন একটিকে সূর্য্যকিরণে ধরিলে (৪২শ চিত্র), কিরণসকল তন্মধ্য দিয়া যাইয়া তাহার স্থূলভাগের (প্রান্তদেশের) দিকে বক্রীভূত হয়। এজন্য কিরণ সকল কোন এক বিন্দুতে সমাহৃত না হইয়া চতুর্দ্দিকে বিস্তৃত হয়।

৪২শ চিত্র।

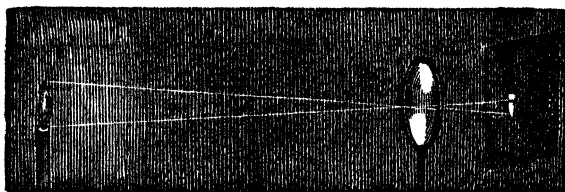
(৬৭) দৃষ্টি-কাচ দ্বারা দ্রব্যের প্রতিরূপ। যেরূপ দর্পণে দ্রব্যসকলের আলোক পরাবর্ত্তিত হইয়া তাহাদিগের প্রতিরূপ উৎপন্ন হয়, তদ্রূপ দৃষ্টি-কাচ দ্বারা দ্রব্য-সকলের আলোক বক্রীভূত হইয়া প্রতিরূপের উৎপত্তি করে।

(ক) স্থূল-মধ্য দৃষ্টি-কাচ। একখানি স্থূল-মধ্য দৃষ্টি-কাচ সূর্য্যকিরণে ধরিয়া তাহার কৈন্দ্রিক দূরতা মাপ। পরে অন্ধকার গৃহে কোন দীপের সম্মুখে দৃষ্টি-কাচখানি

৪৩শ চিত্র।

ধরিয়া, তাহার পশ্চাতে কিঞ্চিৎ দূরে এক কাগজ ধর; কাগজে দীপের প্রতিরূপ দেখা যাইবে (৪৩শ, ৪৪শ চিত্র)। এই প্রতিরূপের আকৃতি অবিকল দীপের ন্যায়, কেবল ইহার বিস্তৃতির পরিবর্ত্তন এবং উর্দ্ধাধঃ বিপর্য্যয় ভিন্ন অন্য কোন বৈলক্ষণ্য লক্ষিত হইবে না।

(১) কৈন্দ্রিক দূরতা অপেক্ষা দীপ ও দৃষ্টি-কাচের দূরত্ব কিঞ্চিৎ বৃদ্ধি কর, অপর পার্শ্বের কেন্দ্রের অনেক দূরে দীপ অপেক্ষা বড় কিন্তু বিপর্য্যস্ত এক প্রতিরূপ দেখিবে (৪৩শ চিত্র)।

(২) দীপ হইতে দৃষ্টি-কাচ যত দূরে লইয়া যাইবে, তাহার প্রতিরূপ তত ছোট দেখাইবে (৪৪শ চিত্র), এবং তাহা দৃষ্টি-কাচের অপর পার্শ্বের কেন্দ্রের তত নিকটস্থ হইবে।

(৩) দৃষ্টি-কাচের কেন্দ্রে দীপ ধর, তাহার প্রতিরূপ অস্পষ্ট হওয়াতে দৃষ্টিগোচর হইবে না।

৪৪শ চিত্র।

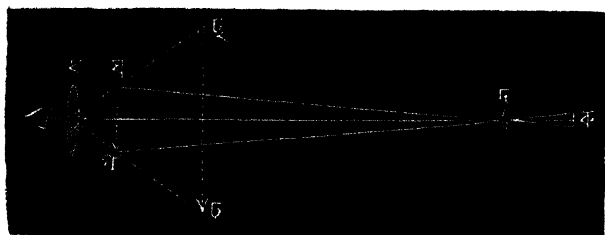
(৪) দৃষ্টি-কাচ ও তাহার কেন্দ্রের মধ্যে দীপ রাখ, কাগজে প্রতিরূপ না দেখিয়া কেবল তাহাতে খানিক আলোক দেখিতে পাইবে। কিন্তু ঐ আলোকে চক্ষু রাখ, দীপের প্রতিরূপ দেখিতে পাইবে। এই প্রতিরূপ দীপ অপেক্ষা বড়, এবং তাহার ন্যায় সোজা। পুস্তকের কোন অক্ষর এই ভাবে দেখ, অক্ষর বড় দেখাইবে; বস্ত্র দেখ, বস্ত্র কত মোটা এবং জালের ন্যায় দেখাইবে।

(খ) সূক্ষ্ম-মধ্য দৃষ্টি-কাচ। এক্ষণে একখানি সূক্ষ্ম-মধ্য দৃষ্টি-কাচ লইয়া সূর্য্যকিরণে ধর, কিরণ চতুর্দ্দিকে

বিস্তৃত হইবে (৪২শ চিত্র)। কিন্তু ঐ কিরণে চক্ষু রাখ, দেখিবে যেন এক বিন্দু (ক) হইতে সমস্ত কিরণ আসিতেছে। ঐ বিন্দুটি ঐ দৃষ্টি-কাচের কিরণ-সমাহার-কেন্দ্র। কোন দীপের সম্মুখে ধর, তাহার কিরণ চতুর্দ্দিকে বিস্তৃত হইবে, এবং অপর পার্শ্বে কোন প্রতিরূপ কাগজে পতিত হইবে না। কিন্তু ঐ বিস্তৃত কিরণে চক্ষু রাখ, দীপের এক ক্ষুদ্র এবং সোজা প্রতিরূপ দেখিতে পাইবে। দীপ হইতে দূরে কিম্বা নিকটে লইয়া গিয়া দেখ, দীপের ক্ষুদ্র এবং সোজা প্রতিরূপ সর্ব্বদা দেখিতে পাইবে। কেবল দূরত্ব-বৃদ্ধির সঙ্গে প্রতিরূপের ক্ষুদ্রতা ব্যতীত অন্য কোন পরিবর্ত্তন দৃষ্ট হইবে না।

(৬৮) অণুবীক্ষণ-যন্ত্র। পূর্ব্বোক্ত প্রকরণে (৬৭ প্রক, ৪) বলিয়াছি যে, স্থূল-মধ্য দৃষ্টি-কাচ দিয়া নিকটস্থ ক্ষুদ্র বস্তু দেখিলে তাহা বড় দেখায়। কিন্তু এই প্রকারে এক-খানি দৃষ্টি-কাচ দ্বারা অধিক বড় দেখায় না। তজ্জন্য দুই বা ততোধিক স্থূল-মধ্য দৃষ্টি-কাচ একত্র করিয়া অণুবীক্ষণ-যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। এই যন্ত্রদ্বারা নিকটস্থ অতীব সূক্ষ্ম দ্রব্য অত্যন্ত বড় দেখা যায়।

অণুবীক্ষণ-যন্ত্রের নির্ম্মাণ সহজ নহে। এস্থলে তাহার ক্রিয়ামাত্র বুঝান যাইতেছে (৪৫শ চিত্র)। ক এক ক্ষুদ্র শর, দ এক স্থূল-মধ্য দৃষ্টি-কাচের কেন্দ্রের কিঞ্চিৎ দূরে রাখা হইয়াছে। এজন্য (৬৭ প্রক, ১) এই শর হইতে কিরণ দ্র

দৃষ্টি-কাচ দিয়া যাওয়াতে গ ঘ এক বিপর্য্যস্ত কিন্তু বৃহৎ প্রতিরূপ উৎপন্ন হইল। আর একখানি স্থূল-মধ্য দৃষ্টি-কাচ (ধ) এরূপ স্থানে রাখা হইয়াছে যে, সেই কাচ ও তাহার কেন্দ্র—এই দুয়ের মধ্যে গ ঘ থাকিতে পারে। এজন্য (৬৬ প্রক, ৪) ধ কাচের বাহির দিকে চক্ষু রাখিলে গ ঘ প্রতিরূপ চ ছ বড় প্রতিরূপ দেখায়।

৪৫শ চিত্র।

দুইটি স্থূল-মধ্য দৃষ্টি-কাচ লইয়া অণুবীক্ষণ-যন্ত্রের ক্রিয়া অনায়াসে পরীক্ষা দ্বারা বুঝা যাইতে পারে। ১ ইঞ্চ ও ২ ইঞ্চ কৈন্দ্রিক দূরতার দুইখানি স্থূল-মধ্য দৃষ্টি-কাচ লও। অন্ধকার গৃহে এক দীপ প্রজ্জ্বলিত কর। পরে ১ ইঞ্চ কৈন্দ্রিক দূরত্ব-বিশিষ্ট দৃষ্টি-কাচখানির কেন্দ্রের কিঞ্চিৎ দূরে দীপ রাখিয়া কাচের অপর পার্শ্বে একখানি তৈলাক্ত চিঠির কাগজ ধর, দীপের বৃহৎ ও বিপর্য্যস্ত প্রতিরূপ তাহাতে সুস্পষ্ট দেখা যাইবে। পরে অন্য দৃষ্টি-কাচখানি দ্বারা এই বৃহৎ প্রতিরূপকে দেখিলে তাহাকে অত্যন্ত বৃহৎ দেখিতে

পাইবে। অবশ্য দীপের বৃহৎ প্রতিরূপকে বিপর্য্যস্ত অবস্থায় দেখিবে। শুদ্ধ ২ ইঞ্চ কৈন্দ্রিক দূরতা-বিশিষ্ট কাচখানি দিয়া দেখিলে, দীপকে প্রায় ৫ গুণ বড় দেখিবে। কিন্তু ঐ দুইখানি দৃষ্টি-কাচ দিয়া দেখিলে দীপকে প্রায় ২০ গুণ বড় দেখাইবে। অবশ্য এই যন্ত্রের পক্ষে ইহা নিতান্ত অল্প।

(৫৯) দূরবীক্ষণ-যন্ত্র। অণুবীক্ষণ-যন্ত্র দ্বারা নিকটস্থ ক্ষুদ্র বস্তুকে বড় দেখায়। কিন্তু ইহা দ্বারা বহুদূরস্থিত বস্তু দেখিতে পাওয়া যায় না। তজ্জন্য দূরবীক্ষণ-যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। ইহা দ্বারা দূরস্থিত দ্রব্যসকল বড় দেখায়।

অণুবীক্ষণ-যন্ত্রের ন্যায় দূরবীক্ষণ-যন্ত্রেও দুই বা অধিক স্থূল-মধ্য দৃষ্টি-কাচ থাকে এবং ইহার কাচের ক্রিয়াও তাহার কাচের ক্রিয়ার মত। দূরবীক্ষণ-যন্ত্রের ক্রিয়া বুঝাইবার জন্য পার্শ্বে এক চিত্র দেওয়া গেল (৪৬শ চিত্র)। ক খ এক বহুদূরস্থিত শর

৪৬শ চিত্র।

হইতে কিরণ দ স্থূল-মধ্য দৃষ্টি-কাচ দিয়া যাওয়াতে চ ছ এক ক্ষুদ্র ও বিপর্য্যস্ত প্রতিরূপ উৎপন্ন হইল (৬৭ প্রক, ২)। এক্ষণে ধ দৃষ্টি-কাচ দিয়া প্রতিরূপ দেখিলে গ ঘ বড় প্রতিরূপ দেখাইবে (৬৭ প্রক, ৪)।

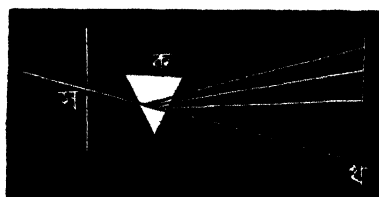
১ ইঞ্চ ও ১২ ইঞ্চ কৈন্দ্রিক দূরতা-বিশিষ্ট স্থূল-মধ্য দৃষ্টি-কাচ দ্বারা এই যন্ত্রের কার্য্য-প্রণালী সুন্দররূপে দেখা যাইতে পারে। অন্ধকার গৃহে এক দীপ প্রজ্জ্বলিত কর। পরে দীপ হইতে অনেক দূরে ১২ ইঞ্চ কৈন্দ্রিক দূরতা-বিশিষ্ট দৃষ্টি-কাচ চক্ষু হইতে প্রায় ১২।১৩ ইঞ্চ দূরে ধর; এক্ষণে ১ ইঞ্চ কৈন্দ্রিক দূরতা-বিশিষ্ট দৃষ্টি-কাচ চক্ষের নিকট রাখিয়া এই দুই দৃষ্টি-কাচের মধ্য দিয়া দীপ দেখ; দীপ অত্যন্ত বড় দেখাইবে। বাম চক্ষু দিয়া দীপ এবং দক্ষিণ চক্ষু দিয়া দীপের প্রতিরূপ দেখিলে দীপ কত বড় দেখাইতেছে, তাহা বুঝিতে পারিবে।

(৭০) সূর্য্যের আলোকে নানাবর্ণ কিরণ।

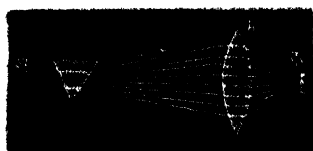
পূর্ব্বে (৬৫ প্রক) বলিয়াছি যে, ত্রিপার্শ্ব কাচ দিয়া কিরণ নির্গমন করিলে, তাহা বক্রীভূত হয়; এজন্য তন্মধ্য দিয়া দ্রব্যসকল দেখিলে তাহাদিগকে স্বস্থানে না দেখিয়া ঊর্দ্ধে, অধোতে, কিম্বা পার্শ্বে দেখি। এতদ্ভিন্ন, দ্রব্যসকল নানাবর্ণে রঞ্জিত দেখা যায়। ইহার কারণ এক্ষণে স্থির করা যাউক।

দ্রব্যসকল সূর্য্যালোকে প্রকাশিত হয়; অর্থাৎ তাহাদিগের পৃষ্ঠদেশে কিরণ পরাবর্ত্তিত হয় বলিয়া তাহাদিগকে দেখিতে পাই। সূর্য্য-কিরণে তবে কি এত প্রকার

বর্ণ রহিয়াছে? পরীক্ষা দ্বারা ইহার কি উত্তর পাওয়া যায়, দেখা যাউক।

সূক্ষ্ম ছিদ্র দিয়া অন্ধকার গৃহে (৪৭শ চিত্র) সূর্য্য-কিরণ (স) প্রবেশিত কর। গৃহের মেজেতে কিম্বা দেওয়ালে সূর্য্যের আলোক (খ) পতিত হইবে। এক্ষণে একখানি ত্রিপার্শ্ব কাচ চিত্রের কাচের ন্যায় ধর। সূর্য্যকিরণ পূর্ব্বস্থানে

৪৭শ চিত্র।

আর দেখিতে পাইবে না; তাহার পরিবর্ত্তে দেওয়ালের উপরে রামধনুর অসংখ্য বর্ণের কিরণ পরে পরে সজ্জিত দেখিবে। ইহা দ্বারা বেশ বুঝা গেল যে, সূর্য্যের শ্বেত আলোকে এত প্রকার বর্ণ-বিশিষ্ট কিরণ আছে; এবং ত্রিপার্শ্ব কাচ, কিম্বা অন্য কিছু দ্বারা পৃথগ্‌-ভূত না হইলে তাহারা একত্র মিশিয়া শ্বেতবর্ণ দেখায়। এই সকল বর্ণের মধ্যে এই কয়েকটির নাম সচরাচর উল্লেখ করা হয়;—লোহিত, নারঙ্গ, পীত, হরিৎ, নীলাভ, গাঢ় নীল ও বেগুণিয়া বর্ণ। এই নানা-বিধ বর্ণ-বিশিষ্ট কিরণ-শ্রেণীকে সৌর-দর্শন বলা যায়।

বাস্তবিক যে প্রত প্রকার বর্ণের সংমিশ্রণে সূর্য্যের আলোক শ্বেত দেখায়, তাহা অন্য প্রকারে দেখা যাউক। একখানি স্থূল-মধ্য দৃষ্টি-কাচ (দ) এই সকল কিরণের পথে ধর (৪৮শ চিত্র)। ইহারা এক্ষণে এক কেন্দ্রে (ক) একত্র হইবে; এই কেন্দ্রে শাদা কাগজ ধর, নানাবর্ণের পরিবর্ত্তে তথায় শ্বেত আলোক দেখিতে পাইবে।

৪৮শ চিত্র।

এই দুই পরীক্ষা হইতে বেশ বুঝা গেল, এই সকল বর্ণ-বিশিষ্ট কিরণের সংমিশ্রণে সূর্য্যকিরণ শ্বেতবর্ণ দেখায়।

রামধনুর উৎপত্তির কারণও এই। তথায় ত্রিপার্শ্ব কাচের পরিবর্ত্তে মেঘের জলকণা সূর্য্যের শ্বেত আলোকের নানা-বর্ণ কিরণসকলকে পৃথক্ করে।

* (৭১) পদার্থের বর্ণের উৎপত্তি। পূর্ব্বোক্ত প্রকরণে সূর্য্যের আলোকে নানা প্রকার বর্ণ আছে, দেখাইয়াছি। এক্ষণে, লোহিত, পীত, নীল, ইত্যাদি নানাবিধ দ্রব্যের নানাবিধ বর্ণ কি প্রকারে উৎপন্ন হয়, তাহা দেখা যাউক।

একটি পরীক্ষা কর। ছিদ্র দিয়া অন্ধকার গৃহে সূর্য্যকিরণ প্রবেশিত করিয়া তাহার পথে একখানি ত্রিপার্শ্ব কাচ ধর, নানাবর্ণ সৌর-দর্শন দেখা যাইবে। একটি লাল জবাফুল লইয়া সৌর-দর্শনের লোহিতাংশে ধর, জবাফুল ঘোর উজ্জ্বল লাল দেখাইবে। নারঙ্গাংশে ধর, ফুল প্রায় পূর্ব্ববৎ লাল দেখাইবে। কিন্তু পীত, হরিৎ প্রভৃতি অন্যান্য অংশে ধর, ইহাকে কৃষ্ণবর্ণ দেখাইবে। এইরূপ, পীতবর্ণ কোন ফুল কিম্বা অন্য দ্রব্য সৌর-দর্শনের লোহিতাদি অংশে ধরিলে তাহাকে কেবল পীতাংশে স্বীয় পীতবর্ণ এবং অন্যান্য অংশে কৃষ্ণবর্ণ দেখাইবে। এই সকল পরীক্ষা দ্বারা বেশ বুঝা গেল যে, লালবর্ণ ফুল লোহিতবর্ণ কিরণ পরাবর্ত্তন এবং এতদ্ব্যতীত অপরাপর বর্ণ-বিশিষ্ট কিরণ শোষণ করে তদ্রূপ, পীতবর্ণ দ্রব্য পীতবর্ণ কিরণমাত্র পরাবর্ত্তন এবং অন্যান্য কিরণ শোষণ করে। অতএব আমরা বুঝিতে পারিলাম যে, যে দ্রব্য যে বর্ণের কিরণ পরাবর্ত্তন করে, তাহা সেই বর্ণের দেখায়। জবাফুল কিম্বা অপর কোন লালবর্ণ দ্রব্য যে লোহিত কিরণ পরাবর্ত্তন করে, তাহা আমরা অন্যরূপে দেখিতে পাই। একটি লালফুল রৌদ্রে রাখিয়া তাহার নিকট শাদা কাগজ ধর, কাগজে লাল আলোক দেখা যাইবে; অর্থাৎ উহা দ্বারা কেবল লোহিত কিরণ পরাবর্ত্তিত হইবে। সূর্য্যের শাদা আলোকের অপর কিরণগুলি কোথায় গেল? অবশ্য উহা দ্বারা শোষিত হইয়াছে। অন্যান্য স্থলেও তদ্রূপ।

এক্ষণে শাদা কাগজ কিম্বা অপর কোন শাদা দ্রব্য শাদা দেখায় কেন, তাহার কারণ স্থির করা যাউক। শাদা কাগজ সৌর-দর্শনের লোহিতাংশে লোহিতবর্ণ, নারঙ্গাংশে নারঙ্গবর্ণ, পীতাংশে পীতবর্ণ, হরিদংশে হরিদ্বর্ণ, অর্থাৎ ইহাকে যে বর্ণের কিরণে ধরা যাইবে, উহা সেই বর্ণের দেখাইবে। ইহাতে বুঝা গেল যে, শাদা দ্রব্য সমুদায় বর্ণের কিরণ সমান ভাবে পরাবর্ত্তন করে। তজ্জন্যই তাহা শাদা দেখায়।

কিন্তু কোন বর্ণ-বিশিষ্ট কিরণের পরাবর্ত্তনে কি কোন কোন দ্রব্য কৃষ্ণ দেখায়? সৌর-দর্শনের লোহিতাংশ হইতে ক্রমান্বয়ে নারঙ্গ, পীত ইত্যাদি অংশে কোন কৃষ্ণ দ্রব্য ধর, তাহা সর্ব্বত্রই কৃষ্ণ দেখাইবে। পুনশ্চ, অন্ধকার গৃহে সূর্য্যের কিরণ-পথে কৃষ্ণ দ্রব্য ধর, তাহা হইতে কিরণ আদৌ পরাবর্ত্তিত না হওয়াতে আলোক-পরিব্যাপ্তি (৬৩প্রক) ঘটিবে না। কিন্তু কোন শাদা দ্রব্য ধর, তৎক্ষণাৎ আলোক চতুর্দ্দিকে বিস্তৃত হইবে।

অতএব যে দ্রব্যদ্বারা কোন কিরণই পরাবর্ত্তিত হয় না, তাহা কৃষ্ণবর্ণ দেখায়। এজন্য কৃষ্ণবর্ণকে কোন বর্ণের মধ্যে গণ্য করা হয় না সমুদায় বর্ণের অভাবকেই কৃষ্ণবর্ণ বলা যায়।

ষষ্ঠ অধ্যায়।

তাপ।

প্রথম পরিচ্ছেদ।

তাপ ও তাপের ক্রিয়া।

(৭২) তাপের উৎপত্তি-স্থল। কোন বস্তু স্পর্শ করিলে তাহা উষ্ণ কিম্বা শীতল বোধ হয়। বস্তুটি অল্প বা অধিক উষ্ণ কিম্বা অল্প বা অধিক শীতল হইতে পারে। যে প্রাকৃতিক কারণ-বশতঃ বস্তু-সম্বন্ধে এইরূপ জ্ঞান হয়, তাহাকে তাপ বলে।

যখন কোন দুই বা ততোধিক বিভিন্ন প্রকৃতির মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক সংযোগ হয়, তখন তাহা হইতে সর্ব্বদাই তাপ এবং কখন কখন আলোক উদ্ভূত হয়। নূতন চূণে জল দিলে যে তাহা অত্যন্ত তপ্ত হয়, তাহার কারণ জল ও চূণের রাসায়নিক সংযোগ। কাষ্ঠ, কয়লা, দীপ প্রভৃতি জ্বালাইয়া সচরাচর তাপ উৎপাদন করা হয়। এ সকল স্থলে কাষ্ঠ প্রভৃতি দাহ্যমান পদার্থ যখন বায়ুর অম্লজনক গ্যাসের সহিত সংযুক্ত হয়, তখন তাহাদিগকে আমরা

প্রজ্জ্বলিত ও উত্তপ্ত হইতে দেখি। অতএব রাসায়নিক সংযোগ তাপের এক প্রধান কারণ বলা যাইতে পারে।

দুইটি বস্তুর ঘর্ষণে তাপ উৎপন্ন হয়। চক্‌মকির পাথরে ও ইস্পাতে ঘর্ষণে এত তাপ উৎপন্ন হয় যে, পাথরের কণিকা উত্তপ্ত হইয়া অগ্নি-স্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন হয়। বিলাতি দীপ-শলাকার অগ্রভাগ তাহার বাক্সের পার্শ্বস্থিত পদার্থে ঘর্ষণ করিলে তাপ উৎপন্ন হইয়া শলাকার দাহ্যমান পদার্থকে প্রজ্জ্বলিত করে। হাতে হাতে ঘর্ষণ, শাণে ঘর্ষণ প্রভৃতি দ্বারা প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়।

কোন পদার্থে আঘাত করিলে তাহা তপ্ত হয়। প্রস্তর কিম্বা লৌহের উপর অর্দ্ধ ইঞ্চ পুরু সীসক রাখিয়া হাতুড়ি দ্বারা আঘাত করিলে তাহা উত্তপ্ত হইয়া উঠে।

চাপ প্রয়োগ করিয়া কোন বস্তুকে সঙ্কুচিত করিলেও তাহা তপ্ত হয়। এ সকল ভিন্ন, বিদ্যুৎ ও তাড়িতও তাপের অন্য উৎপত্তিস্থল।

কিন্তু সূর্য্যই আমাদিগকে আলোক ও তাপ দিয়া জীবিত রাখিয়াছে। এই তেজোময় পদার্থের কত প্রভূত তেজঃ! তাহা হইতে প্রায় ৯,২০,০০,০০০ নয় কোটি বিশ লক্ষ মাইল দূরে থাকিয়াও, পৃথিবীস্থ যাবতীয় সজীব পদার্থ প্রচুর আলোক ও তাপ সম্ভোগ করিতেছে।

(৭৩) তাপের প্রকৃতি। তাপ কোন জড়-পদার্থ নহে। যেহেতু কোন বস্তু শীতল ও উষ্ণ অবস্থায় তৌল

করিলে, তাহার ভারের কিছুমাত্র ন্যূনাধিক্য হয় না। তবে তাপ কি? কোন বস্তুকে যতই অধিক উত্তপ্ত করা যায়, তাহার অণুসকল ততই দ্রুত কম্পিত হইতে থাকে। এই সকল কম্পন ঈথর-তরঙ্গ (৫৩ প্রক) উৎপাদন করিয়া সর্ব্বদিকে চালিত হয়। আলোকের উৎপত্তি এইরূপ। ইহাতে প্রশ্ন হইতে পারে যে, তবে আলোক ও তাপ এক না হইল কেন? বাস্তবিক, ইহাদের একই প্রকৃতি। পূর্ব্বে (৫২ প্রক) বলিয়াছি যে, লৌহ উত্তপ্ত হইলে, তাহা হইতে আলোক বিকীর্ণ হয়। অল্প উত্তপ্ত হইলে, তাহা হইতে আদৌ আলোক পাওয়া যায় না; অথচ তাহা উষ্ণ হয়। কিছু বেশী উত্তপ্ত হইলে, তাহা লোহিতবর্ণ দেখায়। পরে তাহার তাপ-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে, তাহা লোহিতবর্ণ হইতে পীতবর্ণ, এবং পরিশেষে শ্বেতবর্ণ হইয়া, এক ক্ষুদ্র সূর্য্যের ন্যায় দেখায়। তখন তাহা চতুর্দ্দিকে তাপ ও আলোক দান করিতে থাকে। ইহাতে কি মনে হয় না যে, তাপ যে কারণে হয়, সেই কারণের মাত্রা অধিক হইলে তাহা আলোকেরও কারণ হয়? বাস্তবিক, অণুসকলের কম্পনের বেগের ন্যূনাধিক্য ব্যতীত ইহাদিগের মধ্যে অন্য কোন পার্থক্য নাই। এই নিমিত্ত আলোকের ন্যায় তাপের পরাবর্ত্তন, বক্র-গতি, শোষণ প্রভৃতি একই নিয়মে সংঘটিত হয়। শব্দ, আলোক, তাপ, ইহারা প্রত্যেকই আমাদিগের এক এক ইন্দ্রিয়দ্বারা উপলব্ধ হয়। শ্রবণেন্দ্রিয় দ্বারা যে

প্রাকৃতিক ব্যাপারের জ্ঞান হয়, তাহাকে শব্দ বলি; দর্শনেন্দ্রিয় দ্বারা যাহার জ্ঞান হয়, তাহাকে আলোক বলি; এবং স্পর্শেন্দ্রিয় দ্বারা যাহার জ্ঞান হয়, তাহাকে তাপ বলি। এজন্যই ইহাদিগকে পৃথক্ পৃথক্ শিক্ষা করা যাইতেছে।

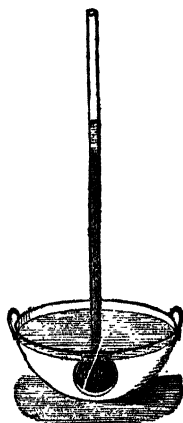
(৭৪) তাপের ক্রিয়া। তাপের কারণ সম্যক-রূপে না জানিলেও তাহার ক্রিয়া জানা আবশ্যক ও অল্প-সাধ্য। এই সকল ক্রিয়ার মধ্যে পদার্থের প্রসারণ এবং কঠিন পদার্থকে তরলাবস্থায়, ও তরল পদার্থকে বায়বীয়াবস্থায় পরিবর্ত্তন, প্রধান। প্রায় যাবতীয় পদার্থ তাপ-প্রয়োগে প্রসারিত এবং শীতল করিলে সঙ্কুচিত হয়। নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা তাহা দেখা যাউক।

(৭৫) তাপে কঠিন পদার্থের প্রসারণ। পার্শ্বস্থ প্রতিকৃতিতে ক খ গ ঘ পিত্তলের একটি মোটা বক্র তার; চ ছ একটি সরল তার ক ঘ স্থানের মধ্যে ঠিক আঁটিয়া বসে। এক্ষণে বক্র তারটি চিমটা দ্বারা ধরিয়া উত্তপ্ত কর; চ ছ তার খসিয়া পড়িবে। ইহার কারণ এই যে, বক্র তারটি উত্তপ্ত হওয়াতে তাহার দৈর্ঘ্য বাড়িবে। তজ্জন্য কঘ-র অন্তর বৃদ্ধি হওয়াতে চ ছ পড়িয়া যাইবে। বক্র

৪৯শ চিত্র

তারটি শীতল হইলে চ ছ তার কঘ-র মধ্যে পূর্ব্ববৎ আঁটিয়া বসিবে; অর্থাৎ শীতল হইলে পিত্তল তার সঙ্কুচিত হইবে।

(৭৬) তাপে তরল পদার্থের প্রসারণ।

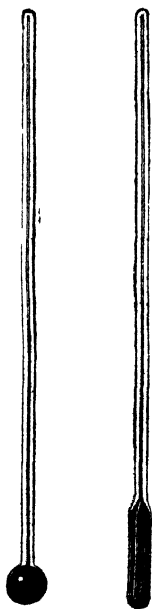
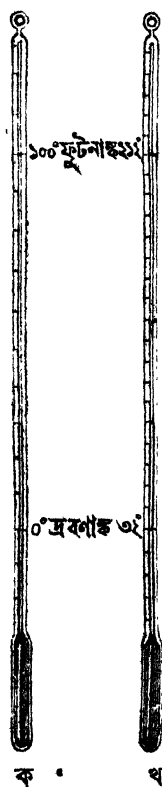
একটি পাতলা শিশির মুখে ছিপি দিয়া তাহাতে এক কাচনল আঁটিয়া বসাও, কিম্বা এক কন্দবিশিষ্ট কাচনল লও (৫০শ চিত্র)। নলের কিঞ্চিৎ উপর পর্য্যন্ত শিশি কিম্বা কন্দ জলপূর্ণ করিয়া জলের উপরিদেশের নিকট নলের গাত্রে একটি কালির রেখা টান। পরে কোন জলপূর্ণ কটাহে তাহার কন্দ নিমজ্জিত রাখিয়া, অগ্নি দ্বারা কটাহের জল উত্তপ্ত কর; দেখ যে, যত উত্তপ্ত হইবে, রেখা অতিক্রম করিয়া নলের জল ততই ঊর্দ্ধে উঠিবে। কন্দস্থ জলের আয়তন-বৃদ্ধির সঙ্গে কন্দের কাচও (৭৫ প্রক) কিঞ্চিৎ প্রসারিত হইবে; কিন্তু জলের বৃদ্ধি অপেক্ষা কাচের বৃদ্ধি অনেক কম হওয়াতে, কেবল জলের আয়তন বৃদ্ধি দেখা যাইবে। কঠিন পদার্থ অপেক্ষা তরল পদার্থ বেশী প্রসারিত হয়; কিন্তু সকল কঠিন কিম্বা তরল পদার্থ সমান হারে প্রসারিত হয় না। জলের পরিবর্ত্তে শিশি বা কন্দ কারোসিন তৈল কিম্বা সুরা পূর্ণ করিয়া পূর্ব্ববৎ পরীক্ষা করিলে, ইহাদিগের বৃদ্ধি জল অপেক্ষা বেশী দেখা যায়।

৫০শ চিত্র।

(৭৭) তাপে বায়বীয় পদার্থের প্রসারণ। আমাদিগের পূর্ব্বোক্ত কন্দ-বিশিষ্ট নল লইয়া তাহার মুখ জলে নিমজ্জিত করিয়া তোমার হাতের মধ্যে কন্দ কিয়ৎ-ক্ষণ রাখ; দেখ যে, তাহা হইতে বায়ু-বুদ্‌বুদ্‌ বাহির হইয়া যাইবে। ইহার কারণ এই যে, হাতের তাপ কন্দের অভ্য-ন্তরস্থ বায়ুকে উষ্ণ করাতে তাহার আয়তন বৃদ্ধি হইল। ইহা ভিন্ন আরও দেখা গেল যে, তরল পদার্থ অপেক্ষা বায়বীয় পদার্থ অধিকতর প্রসারিত হয়। যেহেতু কন্দস্থ বায়ু হাতের অল্প তাপেই এত প্রসারিত হইল।

(৭৮) তাপমান-যন্ত্র। কোন পদার্থ আমাদিগের যতই শীতল বোধ হউক না কেন, তাহাতে অল্পাধিক তাপ নিশ্চয়ই থাকে। কোন দ্রব্য শীতল বলিলে বুঝায় যে, তাহা অন্য কোন দ্রব্য বা আমাদিগের শরীর অপেক্ষা অল্পোষ্ণ। স্পর্শেন্দ্রিয় দ্বারা পদার্থ সকলের উষ্ণতা বা শীতলতা সর্ব্বদা স্থির করিতে পারা যায় না। একই বস্তু এক ব্যক্তির উষ্ণ, অপরের শীতল বোধ হইতে পারে। এমন কি, একই ব্যক্তির দুই হাতে দুই প্রকার বোধ হইতে পারে। খুব শীতল জলে তোমার বাম হাত এবং খুব উষ্ণ জলে দক্ষিণ হাত কিয়ৎক্ষণ রাখিয়া, শীতল জল অপেক্ষা কিঞ্চিৎ অধিক উষ্ণ জলে, একে একে তোমার দুই হাত নিমজ্জিত কর; ঐ জল বাম হাতে উষ্ণ এবং দক্ষিণ হাতে শীতল বোধ হইবে।

এজন্য ভিন্ন ভিন্ন উষ্ণতায় কোন দ্রব্যের আয়তনের হ্রাস বৃদ্ধি দেখিয়া অপরাপর বস্তুর উষ্ণতা তুলনা করা হয়। উক্ত দ্রব্যটি কঠিন হইলে সুবিধাজনক হইবে না; যেহেতু তাপ-প্রয়োগে কঠিন পদার্থসকল অত্যল্প প্রসারিত হয়। এবং কোন বায়বীয় পদার্থ হইলেও সুবিধাজনক হইবে না; যেহেতু তাহা অল্প তাপেই অত্যন্ত প্রসারিত হয়। এই সকল কারণে তাপে তরল পদার্থের আয়তনের বৃদ্ধির তারতম্য দেখিয়া উষ্ণতা নির্ণীত হয়; এবং পারদ ও সুরানির্যাস,—এই দুইটি তরল পদার্থ সচরাচর ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

যে যন্ত্রদ্বারা পদার্থসকলের উষ্ণতা নিরূপিত হয়, তাহাকে তাপমান-যন্ত্র বলে। উহা নিম্নলিখিত প্রণালীতে নির্ম্মাণ করা হয়। একটি গোল কিম্বা দীর্ঘাকৃতি কন্দযুক্ত কাচের নল লইয়া (৫১শ চিত্র) তাহার কন্দ ও নলের কিয়দংশ পারদপূর্ণ করিলাম। পরে নলের উপরিস্থ অংশ বায়ু-মান-যন্ত্রের ন্যায় একবারে বায়ু-শূন্য করিয়া অগ্রভাগের কাচ গলাইয়া নলের মুখ বন্ধ করিলাম। সকল দেশে ফুটন্ত জলের ও গলন্ত বরফের উষ্ণতার সহিত অপরাপর পদার্থের উষ্ণতা তুলনা করা হয়। এজন্য আমা-

৫১শ চিত্র।

দের পূর্ব্ববর্ণিত পারদপূর্ণ কন্দ-যুক্ত নল প্রথমতঃ গলন্ত বরফে নিমজ্জিত করিলাম; তাহাতে নলের পারদ শীতে সঙ্কুচিত হইয়া নলের অনেক নিম্নে আসিয়া এক স্থানে স্থির হইল। তথায় নলের গাত্রে একটি রেখা অঙ্কিত করিয়া তাহাকে দ্রবণাঙ্ক বলিলাম (৫২শ চিত্র)। পরে নলটি লইয়া ফুটন্ত জলের বাষ্পে নিমজ্জিত করিলাম; তাহাতে নলের পারদ বর্দ্ধিত হইয়া নলের কিঞ্চিৎ ঊর্দ্ধে উঠিয়া এক স্থানে স্থির হইল। তথায় নলের গাত্রে আর একটি রেখা অঙ্কিত করিয়া তাহাকে ফুটনাঙ্ক বলিলাম। অনন্তর এই দুই চিহ্নের মধ্যবর্ত্তী স্থানকে কতকগুলি সমানাংশে ভাগ করিলাম। ইহার এক একটির নাম তাপাংশ। দ্রবণাঙ্ককে শূন্য ধরিয়া এই স্থানকে এক শত সমান অংশে বিভক্ত করিলে, ফুটনাঙ্ক এক শত তাপাংশ হয় (৫২শ চিত্র, ক)। দ্রবণাঙ্কের নীচের এবং ফুটনাঙ্কের উপরের স্থানও এইসকল ভাগের এক একটির সমান করিয়া ভাগ করা হয়। পদার্থের উষ্ণতা এই রূপে লিখিত হয়; যথা, ২২৪°, ৭০°, 0° ইত্যাদি। কিন্তু কোন বস্তুর উষ্ণতায় তাপ-

১০০° ফুটনাঙ্ক ২১২°

0° দ্রবণাঙ্ক ৩২°

ক খ

৫২শ চিত্র।

মানের পারদ দ্রবণাঙ্কের নীচে নামিলে, তাহার তাপাংশ সংখ্যার পূর্ব্বে—চিহ্ন বসাইয়া তাপাংশ ব্যক্ত করা হয়; যথা, —৪০°,—২° ইত্যাদি। দ্রবণাঙ্ক ও ফুটনাঙ্কের অন্তর্গত স্থানকে এক শত সমান ভাগে বিভক্ত করা হয় বলিয়া, ইহার নাম শতাংশিক তাপমান-যন্ত্র।

এক্ষণ মনে কর, কোন বস্তুর উষ্ণতা নিরূপণ করিতে হইবে। আমাদের তাপমান-যন্ত্র লইয়া সেই বস্তুর মধ্যে কিয়ৎ-ক্ষণ রাখিলাম। তাহাতে নলের পারদ ঊর্দ্ধে কিম্বা নিম্নে গিয়া এক স্থানে স্থির হইল। মনে কর, উহা ৩৬° অংশে স্থির হইল। ইহাতে জানিলাম যে, সেই বস্তুর উষ্ণতা গলন্ত বরফের উষ্ণতা অপেক্ষা ৩৬ অংশ বেশী।

কোন কোন তাপমান-যন্ত্রের দ্রবণাঙ্ক ও ফুটনাঙ্কের অন্তর্গত স্থানকে ১৮০ সমান ভাগে বিভক্ত করা হয়। ফারণহিট সাহেব এইরূপে প্রথমে নির্ম্মাণ করিয়াছিলেন বলিয়া, ইহাকে ফারণ-হিটের তাপমান-যন্ত্র বলে। এই যন্ত্রের দ্রবণাঙ্ককে ০°র পরিবর্ত্তে ৩২° ধরে; এজন্য ইহার ফুটনাঙ্ককে (৩২°+ ১৮০°=) ২১২° বলা হয় (৫২শ চিত্র, খ)। এই যন্ত্র দ্বারা নির্ণীত উষ্ণতা লিখিতে বা বলিতে হইলে ফারণহিটের নামো-ল্লেখ করা আবশ্যক; যথা, সুস্থ মনুষ্যের উষ্ণতা ৯৮°.৬ফা, শীতকালে বায়ুর উষ্ণতা প্রায় ৭০°ফা, গ্রীষ্মকালে বায়ুর উষ্ণতা কখন কখনও ৯২°। ৯৬°ফা হইয়া থাকে। ইংলণ্ড ও আমেরিকায় ফারণহিটের তাপমান-যন্ত্র ব্যবহৃত হয়।

কিন্তু বৈজ্ঞানিক পুস্তকে শতাংশিক তাপমান-যন্ত্র সর্ব্বত্র ব্যবহৃত হইয়া থাকে। এজন্য আমরাও এই পুস্তকে উক্ত যন্ত্র-দ্বারা নির্ণীত উষ্ণতা ব্যবহার করিব।

(৭৯) পদার্থের প্রসারণের পরিমাণ। উষ্ণ হইলে যাবতীয় পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি হওয়াতে তাহাদিগের আপেক্ষিক গুরুত্ব (২২ প্রক) কম হয়। তাপে বায়বীয় পদার্থ সর্ব্বাপেক্ষা অধিক, তরল পদার্থ তদপেক্ষা অল্প, এবং কঠিন পদার্থ সর্ব্বাপেক্ষা অল্প প্রসারিত হয়। নিম্নে কতকগুলি পদার্থের বৃদ্ধি দেওয়া গেল।

০°তে ১,০০,০০০ ইঞ্চ দীর্ঘ কাচদণ্ড ১০০°তে ৭৫ ইঞ্চ বাড়ে।

"	"	"	লৌহ	"	১১৮	"	"
"	"	"	রৌপ্য	"	১৯০	"	"
"	"	"	সীসক	"	২৮৪	"	"
"	"	"	রাঙ্গ	"	১৯৩	"	"
"	"	"	পিত্তল	"	১৮৬	"	"

"	১,০০,০০০ সের	পারদ মাপে		"	১,৪১৫ সের	"	
"	"	"	জল	"	"	৫,৬৭০	" "
"	"	"	সুরানির্য্যাস	"	১১,১০০	"	"
"	"	"	তৈল	"	"	৮,০০০	" "

উপরের দুই তালিকা হইতে দেখা গেল যে, তাপে কঠিন পদার্থসকলের বৃদ্ধির ন্যূনাধিক্য অল্প, এবং তরল পদার্থ সকলের মধ্যে অত্যন্ত অধিক।

কিন্তু যাবতীয় বায়বীয় পদার্থ প্রায় এক হারে বৃদ্ধি হয়। পূর্ব্বে (৪১ প্রক) বলিয়াছি যে, চাপের ন্যূনাধিক্য অনুসারে বায়বীয় পদার্থের আয়তনের হ্রাসবৃদ্ধি হয়। একারণ কোন বায়বীয় পদার্থকে বরাবর এক চাপে না রাখিয়া উত্তপ্ত করিলে, শুদ্ধ তাপ-নিবন্ধন তাহার বৃদ্ধি নিরূপণ করিতে পারা যাইবে না। এজন্য বায়বীয় পদার্থসকলকে এক চাপে বরাবর রাখিয়া উষ্ণতার হ্রাস বৃদ্ধিতে তাহাদিগের আয়তনের যেরূপ হ্রাস বৃদ্ধি হয়, তাহা দেখা হয়। এইরূপে দেখা গিয়াছে যে, ০° তাপাংশের ২৭৩ ঘন ইঞ্চ যে কোন বায়বীয় পদার্থ ১০০° তাপাংশে ৩৭৩ ঘন ইঞ্চ হয়।

(৮০) কঠিন পদার্থের তরল ভাব এবং তরল পদার্থের কঠিন ভাব গ্রহণ। তাপ-প্রভাবে পদার্থ সকলের অণুদিগের সংহতি-বলের (২৪ প্রক) খর্ব্বতা হইয়া তাহাদিগের মধ্যে বিপ্রকর্ষণ-বল উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ কোন পদার্থ উত্তপ্ত হইলে তাহার অণুসকল পরস্পর পরস্পরের নিকট হইতে দূরে পলায়ন করিতে চেষ্টা করে। এজন্য তাহার আয়তন-বৃদ্ধি ঘটিয়া তাহা তরল এবং পরে বাষ্প হয়।

ভিন্ন ভিন্ন কঠিন পদার্থ ভিন্ন ভিন্ন তাপাংশে দ্রবীভূত হয় এবং ভিন্ন ভিন্ন তরল পদার্থ ভিন্ন ভিন্ন তাপাংশে জমিয়া

কঠিনীভূত হয়। কিন্তু প্রত্যেক কঠিন পদার্থ একই তাপাংশে দ্রব হয় এবং সেই তাপাংশেই তাহা জমিয়া পুনর্ব্বার কঠিন হয়। যে তাপাংশে কোন কঠিন পদার্থ তরল হয়, তাহাকে তাহার দ্রবণাঙ্ক বলে। নিম্নে কতকগুলি পদার্থের দ্রবণাঙ্ক দেওয়া গেল।

লৌহ	১,৫৫০°
স্বর্ণ	১,২৫০°
তাম্র	১,১৫০°
পিত্তল	১,০১৫°
রৌপ্য	১,০০০°
দস্তা	৩৬০°
সীসক	৩২০°
রাঙ্গ	২৩০°
গন্ধক	১১০°
মোম	৬৫°
ঘৃত	৩২°
নারিকেল তৈল	২৩°
বরফ	০°
কঠিন পারদ	—৩৯°

অধিকাংশ কঠিন পদার্থ দ্রবীভূত হইলে তাহাদিগের আয়তনের বৃদ্ধি হয়। কিঞ্চিৎ মোম কিম্বা ঘৃত কোন পাত্রে উত্তপ্ত করিলে তাহার কিয়দংশ তরল হয়; তখন অবশিষ্ট

কঠিনাংশ দ্রবীভূত মোম বা ঘৃতের নীচে পড়িয়া থাকিতে দেখা যায়। এতদ্দ্বারা বুঝা যাইতেছে যে, কঠিন মোম তরল ভাবাপন্ন মোম অপেক্ষা ভারি। সুতরাং তরল হইলে মোমের আয়তন নিশ্চয়ই বৃদ্ধি হয়।

কিন্তু কয়েকটি কঠিন পদার্থ দ্রব হইলে প্রসারিত না হইয়া সঙ্কুচিত হয়। বরফ বা শীল জলে ভাসিতে সকলেই দেখিয়াছেন। সুতরাং বরফ জল অপেক্ষা লঘু। বাস্তবিক, বরফের আপেক্ষিক গুরুত্ব ০.৯০৬; মোটামুটি $\frac{১১}{১২}$ ধরা যাইতে পারে। অর্থাৎ ১১ ঘন ইঞ্চ জল জমিলে প্রায় ১২ ঘন ইঞ্চ বরফ হয়।

যাবতীয় কঠিন পদার্থকে কঠিনাবস্থা হইতে শুদ্ধ তরলাবস্থায় আনিতে হইলে অল্পাধিক তাপ লাগে। এই তাপকে তাহাদিগের প্রচ্ছন্ন তাপ বলে। জলে ইহা সহজে দেখা যাইতে পারে বলিয়া, নিম্নে তাহারই মাত্র উল্লেখ করা গেল।

* (৮১) জলের প্রচ্ছন্ন তাপ। ০° তাপাংশের এক সের জল ৮০° তাপাংশের এক সের জলের সহিত মিশ্রিত করিলে, (০° + ৮০°) ÷ ২ = ৪০° তাপাংশের দুই সের জল পাওয়া যায়। কিন্তু ০° তাপাংশের এক সের বরফের সহিত ৮০° তাপাংশের এক সের জল মিশ্রিত করিলে, ০° তাপাংশের দুই সের জল পাওয়া যায়। ইহাতে জানা যাইতেছে যে, ৮০° তাপাংশের এক সের জলে যতখানি তাপ থাকে, ততখানি তাপ এক সের বরফকে শুদ্ধ দ্রব করিতে প্রয়োজন হয়।

সেই তাপে দ্রবীভূত বরফের জলের উষ্ণতা কিঞ্চিন্মাত্রও বৃদ্ধি হয় না। সুতরাং ০° তাপাংশের এক সের জলে ততখানি তাপ অলক্ষিত ভাবে থাকে। ইহাকে জলের প্রচ্ছন্ন তাপ বলে।

এজন্য, এক সের জল ০° হইতে ৮০° তে উত্তপ্ত করিতে যতখানি তাপ লাগে, ততখানি তাপ ০° তাপাংশের এক সের জলকে বরফ করিলে বাহির হয়।

(৮২) তরল পদার্থের বাষ্পীয় ভাব এবং বাষ্পের তরল ভাব গ্রহণ। প্রচুর তাপ-প্রয়োগে প্রায় সমুদায় কঠিন পদার্থকে বাষ্পাকারে পরিণত করিতে পারা যায়। কিন্তু কতকগুলি তরল পদার্থ হইতে সর্ব্বদা বাষ্প উদ্ভূত হইয়া থাকে। কি শীত কাল কি গ্রীষ্ম কাল, সকল সময়েই আর্দ্র বস্ত্র বাতাসে রাখিলে শুষ্ক হইয়া যায়। আর্দ্র বস্ত্রের জল অল্পে অল্পে বাষ্পীভূত হইয়া বায়ুর সহিত মিশ্রিত হয়। সকল সময়েই জল বাষ্পীভূত হওয়াতে, বায়ুতে অল্লাধিক জলীয় বাষ্প সর্ব্বদা থাকে। পারদ হইতে অত্যন্ত অল্পে অল্পে বাষ্প উদ্ভূত হয়। কিন্তু সুরানির্য্যাস প্রবল বেগে বাষ্পীভূত হয়। উষ্ণতার আধিক্যে প্রায় সমুদায় তরল পদার্থ দ্রুতবেগে বাষ্পাকার ধারণ করে।

'১০০°'র জল হইতে দ্রুতবেগে বাষ্প উত্থিত হয়; এবং এই সময় জলীয় বাষ্পের বুদ্‌বুদ্‌ পাত্রস্থ জলরাশিকে আলোড়িত করিলে জল ফুটিতেছে, বলা যায়।

জলীয় বাষ্প বায়ুর ন্যায় সম্পূর্ণরূপে বর্ণহীন ও স্বচ্ছ; তজ্জন্য তাহা দেখিতে পাওয়া যায় না। আর্দ্র বস্ত্র কিম্বা জলপূর্ণ থাল হইতে সর্ব্বদা বাষ্প উত্থিত হয়, অথচ তাহা আমরা দেখিতে পাই না। হাঁড়ি কিম্বা কটাহে জল ফুটিবার সময় তাহার কিঞ্চিৎ উপরে কুজ্ঝটিকার ন্যায় ধূঁয়া দেখা যায়। সাধারণ লোকে ঐ শাদা কুয়াসাকে বাষ্প বলে। বাস্তবিক তাহা ভুল। উহা জলীয় বাষ্প নহে, কেবল কুজ্ঝটিকার ন্যায় জল-কণিকার সমষ্টি। ফুটন্ত জলের ঠিক উপরে কিছুই দৃষ্টিগোচর হয় না। তথায় জলীয় বাষ্প বাষ্পাবস্থায় থাকে। কিন্তু কিঞ্চিৎ ঊর্দ্ধে উত্থিত হইলে হাঁড়ির অল্পতর উষ্ণ গলার ও বায়ুর সংস্পর্শে তাহা জমিয়া জলের আকার ধারণ করে।

(৮৩) জল চোয়ান। লবণাক্ত জল উত্তপ্ত হইলে জল বাষ্পাকারে উত্থিত হয়, কিন্তু লবণ পাত্রের তলায় পড়িয়া থাকে। এক্ষণে উক্ত বাষ্পকে শীতল করিলে তাহা পুনর্ব্বার জলে পরিণত হয়। এই প্রকারে অবিশুদ্ধ জল বিশুদ্ধ করা হয়। এই ক্রিয়ার সাধারণ নাম চোয়ান এবং যে যন্ত্র দ্বারা তরল পদার্থকে প্রথমে বাষ্প, পরে বাষ্পকে পুনর্ব্বার তরল করা হয়, তাহাকে বক-যন্ত্র বলে। এই যন্ত্র দ্বারা সুরা প্রভৃতি দ্রব্যসকল চোয়ান হইয়া থাকে।

* (৮৪) বাষ্পের চাপ। গ্যাসের ন্যায় বাষ্পসমুদায়ও তাহাদিগের আধার-পাত্রের গাত্রে চাপ প্রয়োগ করে।

ফুটন্ত জলের তাপাংশে জলীয় বাষ্পের চাপ বায়ু-চাপের ঠিক সমান। ইহা অপেক্ষা কম উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ বায়ু-চাপ অপেক্ষা কম, এবং বেশী উষ্ণতায় বায়ু চাপ অপেক্ষা বেশী। মুখ-খোলা পাত্রে সাধারণতঃ জলকে ১০০°র বেশী তাপাংশে ফুটাইতে পারা যায় না। জল ফুটিতে একবার আরম্ভ করিবার পর, তাহাতে যতই তাপ প্রয়োগ করা যাউক না কেন, সমস্ত তাপ জলকে বাষ্প করিতে থাকে; কিন্তু জলের উষ্ণতা আর বাড়ে না। কোন দৃঢ় পাত্রে জল আবদ্ধ রাখিয়া তাপ প্রয়োগ করিলে, জল না ফুটাইয়া ১০০°র অনেক উর্দ্ধ তাপাংশ পর্য্যন্ত তাহা উত্তপ্ত করিতে পারা যায়।

যে জল হইতে বাষ্প উদ্ভূত হয়, সেই জলের যে উষ্ণতা তাহার বাষ্পেরও সেই উষ্ণতা। ৪০°র জল হইতে উদ্ভূত বাষ্পের উষ্ণতা ৪০°, ১০°র জল হইতে উদ্ভূত বাষ্পের উষ্ণতা ১০°, ০°র বরফ হইতে উদ্ভূত বাষ্পের উষ্ণতা ০°, —৪°র বরফ হইতে উদ্ভূত বাষ্পের উষ্ণতা —৪°।

কিন্তু বাষ্পের উষ্ণতা-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে প্রভূত পরিমাণে তাহার চাপ বৃদ্ধি হয়। ০° তাপাংশে জলীয় বাষ্পের চাপ ০.২ ইঞ্চ, ২৬° তে প্রায় ১ ইঞ্চ, ৪০° তে ২.২ ইঞ্চ, ৮০° তে ১৪ ইঞ্চ, ১০০° তে ৩০ ইঞ্চ, (অর্থাৎ সাধারণ বায়ু-চাপের সমান), ১২০° তে ইহা বায়ু-চাপের দ্বিগুণ, ১৩৩° তে তিন গুণ, ১৪৪° তে চারিগুণ।

উপরের তালিকা হইতে দেখা যায় যে, জলীয় বাষ্পের উষ্ণতার অল্প বৃদ্ধিতে তাহার চাপের বেশী বৃদ্ধি হয়। অত্যুষ্ণ জলীয় বাষ্পের প্রভূত চাপ দ্বারাই বাষ্পীয় শকট, বাষ্পীয় জাহাজ ও অপরাপর বাষ্পীয় যন্ত্রসকলের গতি উৎপন্ন হয়।

(৮৫) স্ফুটনাঙ্ক চাপ-সাপেক্ষ। উপরে বলিয়াছি যে, সাধারণ বায়ু-চাপে (৩০ ইঞ্চ চাপে), জল ১০০° তে ফুটিতে থাকে; এবং বেশী চাপে তাহার স্ফুটনাঙ্ক ১০০°র বেশী হয়। তেমনই ৩০ ইঞ্চের কম চাপে স্ফুটনাঙ্ক ১০০°র কম হয়; অর্থাৎ জলের উপরের চাপ কম হইলে উহা ১০০°র কম তাপাংশে ফুটিতে থাকে। নিম্নলিখিত পরীক্ষাদ্বারা ইহা দেখান যাইতেছে। কোন ছোট পাত্রে কিঞ্চিৎ জল রাখিয়া তাহাকে ৫০° কি ৬০° তাপাংশ পর্য্যন্ত উত্তপ্ত কর; পরে বায়ু-নিষ্কাশন-যন্ত্রের আবরকের মধ্যে রাখিয়া বায়ু নিরাকৃত কর। তাহার কিঞ্চিৎ বায়ু দূরীভূত হইলে (সুতরাং তাহার চাপ কম হইলে), পাত্রস্থ জল ফুটিতে থাকিবে। বায়ু-নিষ্কাশন যন্ত্র ব্যতিরেকেও ইহা দেখান যাইতে পারে। এক বড় ফুঁকশিশিতে কিঞ্চিৎ জল রাখিয়া অগ্নি-প্রয়োগে ফুটাও। পরে তাহাকে অগ্নি

৫৩শ চিত্র

হইতে সরাইয়া উত্তম ছিপি দিয়া তাহার মুখ বন্ধ করণান্তর (৫৩শ চিত্র), কোন বড় পাত্রের শীতল জলে নিমজ্জিত কর, জল পুনর্ব্বার ফুটিতে থাকিবে। ইহার কারণ এই যে, শীতল জলের সংস্পর্শে ফুঁকশিশির অভ্যন্তরস্থ কিয়দংশ বাষ্প জলাকার ধারণ করে; তাহাতে অবশিষ্ট বাষ্পের চাপ অত্যন্ত কম হওয়াতে, জল ১০০°র কম তাপাংশে ফুটিয়া উঠে।

(৮৬) বাষ্পের প্রচ্ছন্ন তাপ। পূর্ব্বে (৮৪ প্রক) বলিয়াছি যে, কোন জলে ক্রমাগত তাপ প্রয়োগ করিলেও তাহার উষ্ণতা সাধারণতঃ ১০০°র বেশী হয় না। তবে ক্রমাগত প্রযুক্ত তাপ জলের উষ্ণতা বৃদ্ধি না করিয়া কোথায় যায়? উত্তরে বলিয়াছি যে, জলের ১০০° উষ্ণতা হইবার পর তাহাতে সমস্ত প্রযুক্ত তাপ, জলকে প্রবল বেগে কেবল বাষ্পীভূত করে; কিন্তু সেই বাষ্পেরও উষ্ণতা ১০০°র বেশী হয় না। তবেই দেখা যাইতেছে যে, ১০০°র জলকে ১০০°র বাষ্পে পরিণত করিতে বিস্তর তাপ প্রয়োজন হয়। ১০০°র এক সের জলকে ১০০°র এক সের বাষ্প করিতে যে তাপ লাগে, তাহাকে বাষ্পের প্রচ্ছন্ন তাপ বলে। পরীক্ষা দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, এই তাপ ৫৪০ সের জলে প্রয়োগ করিলে সমস্ত জলের উষ্ণতা ১° তাপাংশ বৃদ্ধি হয়। জলীয় বাষ্পের প্রচ্ছন্ন তাপের ন্যায় অন্যান্য পদার্থের বাষ্পেরও প্রচ্ছন্ন তাপ আছে।

(৮৭) শৈত্যের উৎপত্তি। যেমন বরফকে শুদ্ধ দ্রব করিতে বিস্তর তাপের প্রয়োজন হয়, তদ্রূপ অপরাপর কঠিন পদার্থকে দ্রব করিতে অল্লাধিক প্রচ্ছন্ন তাপের প্রয়োজন হয়। শুদ্ধ যে অগ্নি দ্বারাই কঠিন দ্রব্য গলাইতে পারা যায়, তাহা নহে। জলে লবণ, চিনি ; সুরাতে এবং কারোসিন তৈলে ধূনা, লাক্ষা, কর্পূর দ্রব হয়। এই সকল স্থলেও লবণ, চিনি, ধূনা ইত্যাদি দ্রব্য দ্রব করিতে প্রচ্ছন্ন তাপ আবশ্যক হয়। জলে চিনি মিশ্রিত করিলে কঠিনাবস্থা ত্যাগ করিয়া তাহা তরলাবস্থাপন্ন হয়। কঠিন চিনি তরলাবস্থায় পরিণত হইতে যে প্রচ্ছন্ন তাপ লাগে, সেই তাপ চিনি জল হইতে গ্রহণ করিয়া জলকে কিঞ্চিৎ শীতল করে। এইজন্য চিনির সরবত কিঞ্চিৎ শীতল বোধ হয়।

এক ছটাক যবক্ষার-চূর্ণ ও এক ছটাক নিশাদল-চূর্ণ, দুই ছটাক জলে মিশ্রিত করিলে, জল প্রায় ১৩°। ১৪° শীতল হয়।

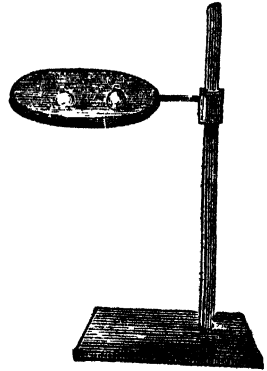
সচরাচর বরফের উষ্ণতা ০° তাপাংশ দেখিতে পাওয়া যায়। এজন্য কেহ কেহ মনে করিতে পারেন যে, বরফ ০° অপেক্ষা কম তাপাংশে থাকিতে পারে না। কিন্তু বাস্তবিক তাহা নহে। ইহার উষ্ণতা কখন কখন −৪°, −১০° হইয়া থাকে। আবার অনেকে মনে করেন যে, বরফ অপেক্ষা বেশী শীতল আর কিছুই নাই। তাহাও সত্য নহে। বরফকে চূর্ণ করিয়া তাহার সহিত লবণ মিশ্রিত

করিলে, তাহা শীতল হয় যে, তাহাতে তাপমান-যন্ত্রের পারদ ০°র নিম্নে –২০° পর্য্যন্ত নামিয়া যায়। অতীব তপ্ত দ্রব্যে হাত দিলে যেরূপ জ্বালা করে, এই লবণ-মিশ্রিত বরফে হাত দিলেও তদ্রূপ জ্বালা করে।

যেরূপ, কঠিন পদার্থকে তরল করিলে শৈত্যের উৎপত্তি হয়, তদ্রূপ তরল পদার্থকে বাষ্প করিলে শৈত্যের উৎপত্তি হয়। এজন্য বাষ্পীভূত হইবার সময় তাহারা নিকটস্থ দ্রব্য হইতে তাহাদিগের তাপ গ্রহণ করিয়া দ্রব্যকে শীতল করে। এই নিমিত্তই আর্দ্র দেহ, আর্দ্র বস্ত্রাদি শীতল বোধ হয়। অত্যন্ত গ্রীষ্ম হইলে শরীরের লোমকূপ দিয়া অধিক পরিমাণে স্বেদ নির্গত হইয়া দেহকে ঘর্ম্মাক্ত করে। উষ্ণ বায়ুর সংস্পর্শে উহা বাষ্পাকার ধারণ করে; অধিকন্তু, উহা বাষ্পীভূত হইবার সময় শরীর হইতে তাপ লইয়া থাকে, এজন্য তখন শরীর শীতল বোধ হয়।

জলপূর্ণ মৃণ্ময় কলস এবং কুঁজো বায়ু সঞ্চালিত স্থানে রাখিলে তাহাদিগের জল অত্যন্ত শীতল হয়। ইহার কারণ এই যে, সচ্ছিদ্র কলসের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র রন্ধ্র দিয়া যখন জলকণিকা বহির্গত হয়, তখন ঐ সকল কণিকা বাষ্পীভূত হইয়া উহাদের প্রচ্ছন্ন তাপ কলসের অবশিষ্ট জল হইতে লওয়াতে, জল শীতল হয়।

(৮৮) আপেক্ষিক তাপ। সমান আয়তনের একটি দস্তার আর একটি সীসকের গুলি কটাহে ফুটন্ত

জলে রাখ। অল্পক্ষণ পরে তাহাদিগের উষ্ণতা ১০০° হইবে। তখন সংলগ্ন লৌহ-তার দ্বারা তাহাদিগকে জল হইতে উত্তোলন করিয়া মোমের অর্দ্ধ ইঞ্চ পুরু পিষ্টকে রাখ (৫৪শ চিত্র)। কিয়ৎক্ষণ পরে দেখ যে, মোমের পিষ্টক গলাইয়া দস্তার গুলি অনেক নীচে এবং সীসকের গুলি অল্প নীচে গিয়াছে। এতদ্দ্বারা জানা গেল যে, উভয় গুলির উষ্ণতা সমান হইলেও এবং সীসক-গুলি দস্তা-গুলি অপেক্ষা প্রায় দেড় গুণ ভারি হইলেও (৩১ প্রক), সীসক অপেক্ষা দস্তায় বেশী তাপ ছিল।

৫৪শ চিত্র।

পুনশ্চ, পরীক্ষা দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, এক ওজনের ভিন্ন ভিন্ন দ্রব্যকে ১০°। ১৫° উষ্ণ কিম্বা শীতল করিতে ভিন্ন ভিন্ন পরিমিত সময় আবশ্যক হয়। ইহা দ্বারা জানা যায় যে, তাহারা সমান ভারি ও সমান উত্তপ্ত হইলেও, তাহাদিগের মধ্যে ভিন্ন ভিন্ন পরিমিত তাপ থাকে। এই প্রকারে দেখা গিয়াছে যে, এক সের জল ১° শীতল হইতে যত সময় লাগে, সেই সময়ে এক সের পারদ প্রায় ৩০°, এক সের তাম্র ১০°, সীসক ৩২°, লৌহ ৯° শীতল হয়। অর্থাৎ ১°র এক সের জলে যতখানি তাপ থাকে

তাহাকে ১০০০ ধরিলে, ১°র এক সের পারদের তাপ (১০০০ ÷ ৩০) = ৩৩, তাম্রের ৯৫, দস্তার ৯৩, সীসকের ৩১, লৌহের ১১৩, রাঙ্গের ৫৬, পিত্তলের ৯৩, এবং এক সের বায়ুর তাপ ২৩ ধরিতে হইবে। এই সকল সংখ্যাকে ইহা-দিগের আপেক্ষিক তাপ বলে।

যাবতীয় কঠিন ও তরল পদার্থের মধ্যে জলের আপেক্ষিক তাপ সর্ব্বাপেক্ষা অধিক। এজন্য জল শীতল কিম্বা উত্তপ্ত হইতে বিস্তর সময় লাগে। এই জন্যই এক বাটী তৈল ও এক বাটী জল একই অগ্নির উপর রাখিলে, তৈল শীঘ্র এবং জল অনেক বিলম্বে গরম হয়।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ।

তাপ সঞ্চালন।

(৮৯) তাপ-সঞ্চালন। কোন উত্তপ্ত দ্রব্যকে রাখিয়া দিলে শীঘ্র কিম্বা বিলম্বে তাহা শীতল হইয়া চারিদিকের পদা-র্থের মত উষ্ণ হয়। পরিচালন, পরিবাহন ও বিকিরণ,—এই ত্রিবিধ প্রণালীতে এক স্থানের তাপ স্থানান্তরে সঞ্চা-লিত হয়। ক্রমান্বয়ে এই তিনটি তাপ-সঞ্চালন-প্রণালী দেখা যাইতেছে।

(৯০) তাপ-পরিচালন। একটা লৌহদণ্ডের এক প্রান্ত অগ্নিতে দিলে অল্পক্ষণ পরে অপর প্রান্ত উত্তপ্ত হইয়া উঠে। ইহার কারণ এই যে, লৌহদণ্ডের যে সকল অণু অগ্নির সংস্পর্শে থাকে, তাহারা প্রথমতঃ উত্তপ্ত হয়; তাহারা আবার তাহাদিগের পার্শ্বস্থিত অণু-সকলকে উত্তপ্ত করে, পরে এই সকল আবার অপরকে উত্তপ্ত করে। এই প্রকার তাপ-সঞ্চালনের নাম তাপ-পরিচালন।

সকল বস্তু সমান বেগে তাপ পরিচালন করে না। অঙ্গারের এক প্রান্ত উত্তপ্ত হইয়া লালবর্ণ হইলেও, অপর প্রান্তে তাপ আদৌ অনুভূত হয় না। সেইরূপ, কাষ্ঠের এক প্রান্ত প্রজ্জ্বলিত হইলেও অন্য প্রান্ত অক্লেশে হাতে করা যায়। এই সকল পদার্থের অণুদ্বারা অত্যন্ত ধীরে ধীরে তাপ পরিচালিত হওয়াতে, তাপ অনুভব করা যায় না। এজন্য ইহাদিগকে তাপ-অপরিচালক বলে; এবং লৌহ প্রভৃতি যে সকল পদার্থদ্বারা তাপ বেগে পরিচালিত হয়, তাহাদিগকে তাপ-পরিচালক বলে।

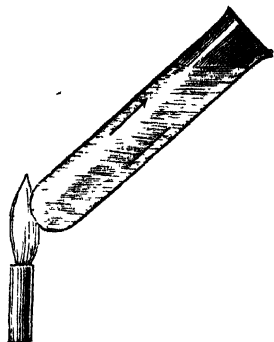
যাবতীয় পদার্থ-মধ্যে ধাতুদ্বারা তাপ দ্রুত পরিচালিত হয়; কিন্তু কোন কোন ধাতুদ্বারা বেশী দ্রুত, কোন কোনটির দ্বারা কম দ্রুত পরিচালিত হয়। সমস্থূল ও সমদীর্ঘ লৌহের ও তাম্রের তারের এক এক প্রান্ত এক এক হস্তে ধরিয়া অপর প্রান্তদ্বয় অগ্নিতে দিলে, তাম্র-তার

শীঘ্র এবং লৌহ-তার বিলম্বে তপ্ত বোধ হয়। অতএব লৌহ অপেক্ষা তাম্র তাপ-সুপরিচালক।

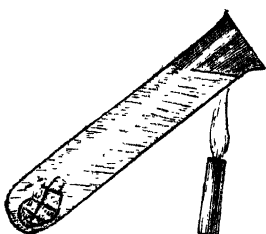
ধাতুদিগের মধ্যে রৌপ্য ও তাম্র সর্ব্বাপেক্ষা তাপের সু-পরিচালক, এবং সীসক সর্ব্বাপেক্ষা তাপের কু-পরিচালক। মৃণ্ময় পাত্রাদি এবং খড়, কাষ্ঠ, পালক, লোম, প্রভৃতি কঠিন পদার্থ তাপ-অপরিচালক।

আমরা শীতকালে কম্বল, বনাত, শাল প্রভৃতি পশমী বস্ত্র ব্যবহার করি। সাধারণতঃ লোকে ইহাদিগকে গরম কাপড় বলে। কিন্তু বাস্তবিক এই সকল বস্ত্র গরম অর্থাৎ তাপোৎ-পাদক নহে। ইহারা তাপ-অপরিচালক। এজন্য শরীরের তাপ শীতকালে বাহিরের শীতল বায়ুতে যাইতে পারে না। এইরূপে শরীরের তাপ নষ্ট না হওয়াতে শরীর গরম বোধ হয়। আবার, কোন শীতল দ্রব্যকে শীতল রাখিতে হইলেও, তাহাকে কম্বলাদি পশমী বস্ত্র দ্বারা আবৃত রাখা হয়। বরফ কিম্বা শীল গ্রীষ্মকালে করাতগুঁড়া ও কম্বল জড়াইয়া রাখিলে গলিতে অনেক বিলম্ব হয়। ইহার কারণ এই যে, বাহিরের উষ্ণ বায়ুর তাপ করাতগুঁড়া ও কম্বল দিয়া বরফের নিকট সহজে আসিতে না পারাতে, বরফ শীঘ্র দ্রব হয় না।

(৯১) তাপ-পরিবাহন। যাবতীয় বায়বীয় পদার্থ এবং পারদ ভিন্ন সমুদায় তরল পদার্থ তাপ-অপরিচালক। পরিচালন-প্রণালীতে ইহারা উত্তপ্ত হয় না। তবে ইহারা কি প্রকারে উত্তপ্ত হয়, তাহা দেখা যাউক।

এক কাচের পরীক্ষা-নলে (এক-মুখ-বন্ধ ছোট ও মোটা নল) জল রাখিয়া নিম্নে সুরাদীপ কিম্বা অগ্নি দ্বারা উত্তপ্ত কর, নলে জলের প্রবাহ উৎপন্ন হইতে দেখা যাইবে। (৫৫শ চিত্র)। জলে কিঞ্চিৎ চা-খড়ি কিম্বা কাগজচূর্ণ প্রক্ষেপ করিলে, জলের প্রবাহ স্পষ্ট দৃষ্টি-গোচর হইবে। প্রবাহোৎপত্তির কারণ এই। অগ্নির সংস্পর্শে প্রথমতঃ নলের তলার জল তপ্ত হয়। এজন্য তাহা অপর জল অপেক্ষা লঘু হওয়াতে উপরে উঠে, এবং উপরের শীতল সুতরাং ভারি জল নিম্নে আসিয়া উত্তপ্ত লঘু জলের স্থান অধিকার করে; এই শীতল জল অগ্নির নিকটবর্ত্তী হওয়াতে তাহা তপ্ত এবং লঘু হয়। তজ্জন্য তাহা আবার উপরে উঠে এবং উপরের তদপেক্ষা অল্পতর উষ্ণ ও ভারি জল আসিয়া তাহার স্থান অধিকার করে। এই প্রকারে প্রবাহ উৎপন্ন হইয়া সমস্ত জল ক্রমশঃ উত্তপ্ত হয়। এই প্রকার তাপ-সঞ্চালনকে তাপ-পরিবাহন বলে। তরল ও বায়বীয় পদার্থ এই পরিবাহন-প্রণালীতে উত্তপ্ত হয়।

৫৫শ চিত্র।

তরল ও বায়বীয় পদার্থের উপরিদেশে তাপ প্রয়োগ

করিয়া সমুদায় অংশ উত্তপ্ত করিতে বিস্তর সময় লাগে। একখণ্ড বরফ বা মোম তারে জড়াইয়া জলাপেক্ষা ভারি কর; পরে পরীক্ষা-নল প্রায় জলপূর্ণ করিয়া বরফ বা মোমখণ্ড তাহাতে রাখ (৫৬শ চিত্র)। এক্ষণে জলের উপরিদেশে সুরা-দীপ রাখিয়া জল ফুটাইলেও নিম্নের বরফ বা মোম দ্রব হইবে না। ইহার কারণ অতি সহজ। নলের উপরের জল উত্তপ্ত হওয়াতে, তাহা নিম্নের শীতল জল অপেক্ষা লঘু হয়। এজন্য শীতল (সুতরাং ভারি) জল বরাবর নিম্নে এবং উষ্ণ (সুতরাং লঘু) জল বরাবর উপরে থাকে। এই পরীক্ষাদ্বারা জানা গেল যে, জল তাপ-অপরিচালক; অর্থাৎ উপরের উষ্ণ অণুসকল হইতে নিম্নের অণুতে তাপ আসিতে বিস্তর সময় লাগে।

৫৬শ চিত্র।

অগ্নি হইতে ধূম উত্থিত হইবার কারণও এই। অগ্নির তাপে তদুপরিস্থ বায়ু উষ্ণ সুতরাং লঘু হওয়াতে, তাহা উপরে উঠে এবং চতুষ্পার্শ্বস্থ শীতল সুতরাং ভারি বায়ু আসিয়া উত্থিত বায়ুর স্থান অধিকার করে। আবার এই শীতল বায়ু উষ্ণ হইয়া উপরে উঠে এবং অপর শীতল বায়ু আসিয়া সেই স্থান পূর্ণ করে। এই প্রকারে বায়ু-প্রবাহ উৎপন্ন হয়। এই ঊর্দ্ধগামী বায়ু প্রবাহে ভাসমান অঙ্গার-কণাই, ধূম।

পৃথিবীমণ্ডলে ঝড় ও বাতাস উৎপন্ন হইবারও এই কারণ। সূর্য্য-তাপে কোন স্থান বেশী উষ্ণ এবং কোন স্থান অল্প উষ্ণ হয়। বেশী উষ্ণ স্থানের সংস্পর্শে তদুপরিস্থ বায়ু উষ্ণ হইয়া উপরে উত্থিত হয়, এবং অন্যান্য স্থানের শীতল বায়ু আসিয়া উত্থিত বায়ুর স্থান পূর্ণ করে।

এই পরিবাহন-ক্রিয়া দ্বারাই গৃহমধ্যে বায়ু সঞ্চালিত হয়। মনুষ্যের নিশ্বাস প্রশ্বাস জন্য গৃহের বায়ুতে অঙ্গারকাম্ল নামক বিষাক্ত গ্যাস উৎপন্ন হয়। দীপ জ্বালাতেও এই বিষাক্ত গ্যাস প্রচুর পরিমাণে জন্মে। রাত্রিকালে গৃহের দ্বারাদি রুদ্ধ করিয়া রাখাতে, এই বিষাক্ত গ্যাসের পরিমাণ তখন ক্রমশঃ বাড়িতে থাকে। পরিবাহন-ক্রিয়া না থাকিলে সমস্ত বিষাক্ত গ্যাস গৃহমধ্যে থাকিয়া মনুষ্যের জীবন-নাশক হইত। কিন্তু দেহের ও দীপের তাপে গৃহের বিষাক্ত গ্যাস-মিশ্রিত বায়ু উষ্ণ এবং লঘু হয়; তখন তাহা ঊর্দ্ধে উঠিয়া জানালা, দ্বার, চাল প্রভৃতির ছিদ্র দিয়া বাহিরে আসিতে থাকে এবং বাহিরের শীতল ও পবিত্র বায়ু নীচে দিয়া গৃহে প্রবেশ করে। পরীক্ষা দ্বারা গৃহস্থিত বায়ুর প্রবাহ অনায়াসে দেখা যাইতে পারে। শীতকালে ইহা সুস্পষ্ট দেখা যায়। তখন কোন দ্বাররুদ্ধ গৃহের দ্বার ঈষৎ মুক্ত করিয়া দ্বারের নীচে একটা দীপ ধরিলে তাহার শিখা গৃহের দিকে, উপরে ধরিলে বাহিরের দিকে বাঁকিয়া যায়, এবং মধ্যে ধরিলে তাহা সরল হইয়া থাকে।

(৯২) তাপ-বিকিরণ। এক স্থানের তাপ স্থানান্তরে যাইবার দুই প্রকার প্রণালী দেখা গেল। এই দুই স্থলেই জড়-পদার্থ উত্তপ্ত করিয়া তাপ সঞ্চালিত হয়। কিন্তু অগ্নি কিম্বা উত্তপ্ত দ্রব্য হইতে আমরা যে তাপ অনুভব করি, তাহা কোন পদার্থ উত্তপ্ত না করিয়া সঞ্চালিত হয়। সূর্য্য কোথায় আর আমরা কোথায়! অথচ এই ৯,২০,০০,০০ মাইল দূর হইতে তাপ আসিতে ৮ মিনিট মাত্র সময় লাগে। কোন পদার্থ উত্তপ্ত করিয়া তাপ আসিলে, সূর্য্যের তাপ কথনও এত অল্প সময়ের মধ্যে পৃথিবীতে আসিতে পারিত না। এতদ্ভিন্ন, নির্ব্বাত স্থানে উত্তপ্ত দ্রব্য রাখিলে দেখা যায় যে, তাহা হইতে তাপ চতুর্দ্দিকে বিক্ষিপ্ত হয়। কোন পদার্থ উত্তপ্ত না করিয়া এক স্থানের তাপের স্থানান্তরে গমনের নাম তাপ-বিকিরণ।

(৯৩) পদার্থের তাপ-বিকিরণ ক্ষমতা। কোন উত্তপ্ত পদার্থকে কিয়ৎক্ষণ রাখিয়া দিলে তাহা চতুর্দ্দিকের সামগ্রীর ন্যায় শীতল বা উষ্ণ হয়। বিকিরণদ্বারা উত্তপ্ত দ্রব্যের তাপ নষ্ট হয়। উত্তপ্ত দ্রব্য চারিদিকের সামগ্রী অপেক্ষা যত বেশী উষ্ণ হয়, তত শীঘ্র তাহার উষ্ণতা কমিয়া যায়। উত্তাপে লালবর্ণ লৌহ দ্রুতবেগে শীতল হইতে থাকে; কিন্তু যতই তাহার উষ্ণতা ঘরের বায়ু প্রভৃতির উষ্ণতার সমান হইতে থাকে, ততই ধীরে ধীরে তাহার তাপ বিকীর্ণ হয়।

এতদ্ভিন্ন, সকল দ্রব্য হইতে সমান বেগে তাপ বিকীর্ণ হয় না। যাবতীয় পদার্থের মধ্যে দীপ-কজ্জল হইতে তাপ অধিক বেগে বিকীর্ণ হয়। মসৃণ ও চিক্কণ ধাতু হইতে ধীরে হইয়া থাকে। উষ্ণ দুগ্ধ কাল পাথর বাটিতে যে সময়ের মধ্যে ২০° শীতল হয়, পিত্তল বা কাঁসার বাটিতে সেই সময়ের মধ্যে ৩° মাত্র শীতল হয়। কজ্জল-লিপ্ত কটাহে উষ্ণ জল যত শীঘ্র শীতল হয়, তত শীঘ্র চিক্কণ কটাহে থাকিলে হয় না। কিন্তু কজ্জল-লিপ্ত কটাহ অপেক্ষা কজ্জল-লিপ্ত বন্ধুর হাঁড়িতে রাখিলে উষ্ণ জল শীতল হয়।

প্রচুর পরিমাণে তাপ-বিকিরণই শিশির-সঞ্চারের প্রধান কারণ। রাত্রিকালে বৃক্ষ, লতা, ঘাস প্রভৃতি হইতে প্রভূত তাপ বিকীর্ণ হইতে থাকে। তখন তাহারা এত শীতল হয় যে, জলীয় বাষ্প-মিশ্রিত বায়ু তাহাদিগের পৃষ্ঠদেশের সংস্পর্শে আসিলে, বায়ুর কিয়দংশ বাষ্প জমিয়া জল-কণিকা-রূপে পরিণত হয়। এই জল-কণিকার সমষ্টিই শিশির-বিন্দু।

যে সকল দ্রব্য হইতে তাপ প্রবলবেগে বিকীর্ণ হয়, তাহাদিগের উপরে শিশির অধিক পরিমাণে সঞ্চিত হয়। এই-জন্য বৃক্ষের পত্র, প্রস্তর ইত্যাদিতে অধিক শিশির দেখা যায়।

মেঘাচ্ছন্ন রাত্রিতে শিশির আদৌ সঞ্চিত হয় না। ইহার কারণ এই যে, মেঘ তাপ-বিকিরণের প্রতিবন্ধক হয়। এইজন্য বৃক্ষের ও চন্দ্রাতপের নিম্নে আদৌ শিশির সঞ্চিত হয় না।

(৯৪) তাপ-শোষণ ও তাপের বক্রগতি।

যেমন অনচ্ছ পদার্থ দ্বারা আলোক শোষিত, এবং স্বচ্ছ পদার্থের ভিতর দিয়া আলোক নির্গত হয়, তদ্রূপ কোন কোন পদার্থ দ্বারা তাপ শোষিত এবং কোন কোন পদার্থ দিয়া নির্গত হয়।

কিন্তু যে সকল পদার্থ আলোক-সম্বন্ধে স্বচ্ছ, তাপ-সম্বন্ধে তাহারা সকলেই সম্পূর্ণ স্বচ্ছ নহে। অধিকাংশ আলোক শোষিত না হইয়া কাচের ও জলের ভিতর দিয়া যাইতে পারে; কিন্তু ইহাদিগের ভিতর দিয়া যাইবার সময় অধিকাংশ তাপ শোষিত হয়।

আলোক ও তাপ সম্বন্ধে নির্ম্মল বায়ুরাশি সম্পূর্ণরূপে স্বচ্ছ। সূর্য্য-কিরণ বায়ু-মধ্য দিয়া আসিবার সময় তদ্দ্বারা শোষিত না হওয়াতে, বায়ু-সাগরের উপরিদেশের বায়ু উত্তপ্ত হয় না। এজন্য উচ্চ স্থানের বায়ু ভূ-পৃষ্ঠস্থ বায়ু অপেক্ষা অতীব শীতল। কিন্তু ভূ-ভাগ সূর্য্যের তাপ শোষণ করিয়া উত্তপ্ত হয়; এই উত্তপ্ত ভূ-ভাগের সংস্পর্শে আসাতেই ভূ-পৃষ্ঠস্থ বায়ু উষ্ণ হয়।

দৃষ্টি-কাচ দিয়া তাপ নির্গমন করিলে তাহা তাহার স্থূলভাগ দিকে বক্রীভূত হয়। একটি স্থূল-মধ্য দৃষ্টি-কাচ সূর্য্যের কিরণে ধর (৪১শ চিত্র); কিরণসকল তাহার কেন্দ্রে (৪১শ চিত্র, অ), সমাহৃত হইবে। এই কেন্দ্রে তাপও একত্রিত হইয়াছে। তথায় কোন কৃষ্ণ বস্ত্র কিম্বা কালি-

মাথান কাগজ ধর; তাহা অবিলম্বে পুড়িতে থাকিবে। স্থূল-মধ্য দৃষ্টি-কাচের এই গুণ থাকাতে তাহাকে সচরাচর আতসি কাচ বা আতসি পাথর কহে। ইহার সংস্কৃত নাম সূর্য্যকান্তমণি।

(৯৫) তাপ-শোষণ ও তাপ-পরাবর্ত্তন।

যেমন মসৃণ ও চিক্কণ পদার্থ আলোক পরাবর্ত্তন করে, তেমনই তাহা তাপও পরাবর্ত্তন করে।

আবার, যেমন কৃষ্ণ বস্তু সমুদায় আলোক শোষণ করে (৭১ প্রক), তদ্রূপ তাহা তাপও শোষণ করে। কৃষ্ণ পদার্থের মধ্যে দীপকজ্জ্বল সর্ব্বাপেক্ষা অধিক আলোক ও তাপ শোষণ করে। পূর্ব্বে (৯৩ প্রক) দেখা গিয়াছে যে, ইহা আবার সর্ব্বাপেক্ষা অধিক বেগে তাপ বিকিরণ করে। এই নিমিত্তই চিক্কণ পিত্তল কটাহ অপেক্ষা কজ্জ্বল-লিপ্ত মৃণ্ময় হাঁড়িতে জল শীঘ্র উত্তপ্ত হয়।

পদার্থের তাপ-শোষণ ও তাপ-পরাবর্ত্তন গুণ দুইটি ঠিক বিপরীত। যে বস্তুটি যত অধিক তাপ শোষণ করে, তাহা তত অল্প পরাবর্ত্তন করে। তাপ-শোষণ ও তাপ-পরাবর্ত্তন গুণ নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা দেখা যাইতে পারে। এক খণ্ড রাঙ্গের সূক্ষ্ম পাত (রাঙ্গতা) দীপ-শিখায় কিয়ৎক্ষণ সাবধানে ধরিলে তাহা কজ্জ্বলভূষিত হইবে। এক্ষণে কোন স্থূল-মধ্য দৃষ্টি-কাচ সূর্য্যকিরণে ধরিয়া তাহার কেন্দ্রে এই কজ্জ্বল-লিপ্ত রাঙ্গের পাত ধর; ইহা সমাহৃত সূর্য্য-তাপে

ভস্মীভূত হইবে। কিন্তু ঐ কেন্দ্রে রাঙ্গের চিক্কণ ও শাদা পাত ধর, তাহা আদৌ দগ্ধ হইবে না। ইহার কারণ এই যে, কজ্জল দ্বারা তাপ শোষণ হওয়াতে রাঙ্গ উষ্ণ হইয়া গলিয়া গেল; কিন্তু অন্যস্থলে রাঙ্গের শাদা ও চিক্কণ পৃষ্ঠদেশ হইতে তাপ পরাবর্ত্তিত হওয়াতে, তাহা আদৌ দগ্ধ হইল না।

আমরা শীতকালে, কৃষ্ণ, নীল ও লালবর্ণ বস্ত্র ব্যবহার করি। ইহার কারণ এই যে, তৎসমুদায় তাপ-শোষক হওয়াতে সূর্য্য-তাপ শোষণ করিয়া শরীরে তাপ প্রদান করে। আবার, আমরা গ্রীষ্মকালে শ্বেত বস্ত্র ব্যবহার করি। শ্বেত বস্ত্র বাহিরের তাপ শোষণ না করিয়া পরাবর্ত্তন করে; এজন্য শরীর উষ্ণ হইতে পারে না।

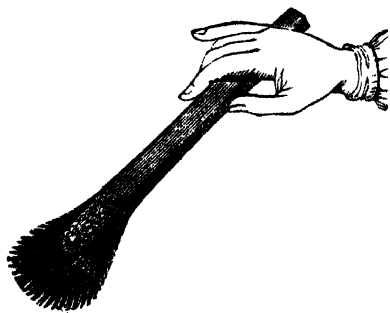
সপ্তম অধ্যায়।

চুম্বকধর্ম্ম।

(৯৬) অকৃত্রিম ও কৃত্রিম চুম্বক। বহুকাল হইতে চুম্বকের লৌহাকর্ষণ-শক্তি জানা গিয়াছে। চুম্বক-প্রস্তর এক প্রকার লৌহময় খনিজ পদার্থ। ইহার একখণ্ড লৌহচূর্ণ মধ্যে নিমজ্জিত করিলে লৌহচূর্ণ তাহাতে সংলগ্ন হয়।

চুম্বক-প্রস্তর কোন নির্দ্দিষ্ট প্রণালীতে কয়েকবার ইস্পাতে ঘর্ষণ করিলে, ঐ ইস্পাত চুম্বকের ধর্ম্ম প্রাপ্ত হয়। সাধারণতঃ আমরা যে সকল চুম্বক দেখিতে পাই, তাহা এই প্রকার চুম্বকধর্ম্মাক্রান্ত ইস্পাত। তবেই দেখা যাইতেছে যে, অকৃত্রিম ও কৃত্রিম, এই দুই প্রকার চুম্বক আছে। যে চুম্বক প্রস্তরস্বরূপ স্বভাবতঃ পাওয়া যায়, তাহা অকৃত্রিম; এবং চুম্বক-প্রস্তর দ্বারা ঘর্ষণ করিয়া হউক কিম্বা অন্য কোন উপায়ে হউক, যে ইস্পাতে চুম্বকের গুণ সংক্রামিত করা হইয়াছে, তাহা কৃত্রিম। অতএব অকৃত্রিম চুম্বক খনিজ লৌহবিশেষ এবং কৃত্রিম চুম্বক চুম্বকধর্ম্মাক্রান্ত ইস্পাত।

কিন্তু কৃত্রিম ও অকৃত্রিম উভয়বিধ চুম্বকের গুণসমুদায় একই প্রকার। এজন্য যে কোন প্রকার চুম্বক লইয়া পরীক্ষা করিলেই চলিবে।

(৯৭) চুম্বকের লৌহ-আকর্ষণ। পূর্ব্বে বলিয়াছি যে, চুম্বক লৌহ আকর্ষণ করে। ছোট ছোট প্রেক চুম্বকের কোন মুখের নিকট ধর; চুম্বক কতকগুলিকে টানিয়া লইবে। চুম্বকের অন্য মুখে ধর; প্রথম পরীক্ষিত মুখের ন্যায় উহাও প্রেক টানিয়া লইবে। প্রেকের পরিবর্ত্তে লৌহ-চূর্ণে নিমজ্জিত কর (৫৭শ চিত্র); মুখে লৌহচূর্ণ

৫৭শ চিত্র।

সংলগ্ন হইবে। অন্য মুখ ডুবাও, তাহাতেও প্রথম মুখের সমান পরিমিত লৌহচূর্ণ সংলগ্ন হইবে। আরও দেখিবে যে, ঐ লৌহচূর্ণ চুম্বকের অন্যান্য অংশ অপেক্ষা উহার দুই মুখে সর্ব্বাপেক্ষা অধিক পরিমাণে সংলগ্ন হইবে। অধিকন্তু, উক্ত লৌহচূর্ণ চুম্বকের দুই মুখ হইতে মধ্যস্থলের দিকে ক্রমশঃ অল্প পরিমাণে আকৃষ্ট হইয়া শেষে চুম্বকের ঠিক মধ্য রেখায় কিছুই আকৃষ্ট হইবে না। ইহা দ্বারা জানা গেল যে, চুম্বকের ধর্ম্ম অন্যান্য অংশ অপেক্ষা দুই মুখেই অধিক।

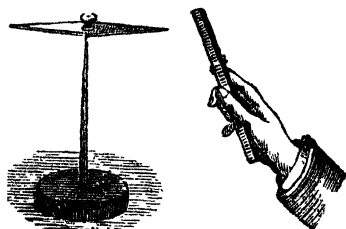
(৯৮) নির্দ্দিষ্ট দিকে চুম্বকের অবস্থিতি।

একটি চুম্বক লইয়া সূত্র দ্বারা ঝুলাও; প্রায় উত্তরদক্ষিণ মুখ করিয়া উহা অবস্থিতি করিবে। উহার দিক্ পরিবর্ত্তন করিয়া দাও; উহা এদিক্ ওদিক্ দোলিত হইয়া পুনর্ব্বার স্বীয় পূর্ব্বাবস্থায় আসিবে।

চুম্বকের দুই মুখ বা প্রান্তের নাম ধ্রুব। যে মুখ উত্তর দিকে থাকে তাহাকে উত্তরমুখী ধ্রুব, এবং যে মুখ দক্ষিণ দিকে থাকে তাহাকে দক্ষিণমুখী ধ্রুব বলে।

আমি উপরে বলিয়াছি যে, চুম্বক প্রায় উত্তরদক্ষিণ দিকে অবস্থিতি করে। 'প্রায়' বলিবার তাৎপর্য্য এই যে, চুম্বক পৃথিবীর ঠিক উত্তরদক্ষিণ দিকে কখনও থাকে না। স্থান-বিশেষে উহা উত্তরদক্ষিণ দিক্ হইতে কিঞ্চিৎ পূর্ব্বে কিম্বা পশ্চিমে অবস্থিতি করে। এদেশে উহার উত্তরমুখী ধ্রুব ঠিক উত্তর দিকে না থাকিয়া তাহার কিঞ্চিৎ পূর্ব্ব দিকে অবস্থিতি করিতেছে। যাহা হউক, চুম্বকের এই গুণ থাকাতেই এক চুম্বক-সাহায্যে নাবিকেরা অকূল সমুদ্রে অনায়াসে দিক্ নিরূপণ করিয়া গমনাগমন করিতে পারে। চুম্বক-সাহায্যে দিক্ নিরূপণ করিবার যন্ত্রকে দিগ্‌দর্শন-যন্ত্র বলে।

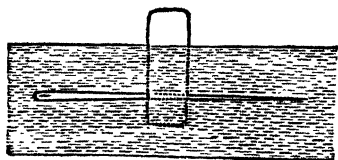
সূত্র দ্বারা ঝুলাইলে অনেক সময় সূত্রের পা'ক জন্য চুম্বক শীঘ্র স্থির হয় না বলিয়া, পরীক্ষার নিমিত্ত সচরাচর ৫৮শ চিত্রের ন্যায় দীর্ঘাকৃতি চুম্বক-শলাকা সূচীর উপর রাখিয়া ব্যবহার করা হয়।

(৯৯) চুম্বকের আকর্ষণ ও বিপ্রকর্ষণ। দুইটি চুম্বকের উত্তরমুখী ধ্রুব স্থির করিয়া তাহা খড়ি দিয়া চিহ্নিত কর। পরে একটিকে ঝুলাইয়া কিম্বা সূক্ষ্ম সূচীর উপর স্থির রাখিয়া (৫৮শ চিত্র), উহার উত্তরমুখী ধ্রুবের নিকট অপরটির উত্তরমুখী ধ্রুব লইয়া যাও; লম্বমান চুম্বকের উত্তরমুখী ধ্রুব বেগে সরিয়া যাইবে। এইরূপ একটির দক্ষিণমুখী ধ্রুব অপরটির দক্ষিণমুখী ধ্রুবের নিকট ধর, তাহাদিগের মধ্যে বিপ্রকর্ষণ দেখা যাইবে।

৫৮শ চিত্র।

তবেই দেখা গেল যে, একটির উত্তরমুখী ধ্রুব অপরটির উত্তরমুখী ধ্রুবকে এবং একটির দক্ষিণমুখী ধ্রুব অপরটির দক্ষিণমুখী ধ্রুবকে আকর্ষণ না করিয়া বিপ্রকর্ষণ করে।

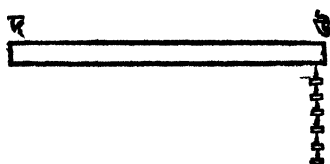
এক্ষণে প্রথমটির উত্তরমুখী ধ্রুবের নিকট দ্বিতীয়টির দক্ষিণমুখী ধ্রুব ধর; উভয়ে আকৃষ্ট হওয়াতে সংযুক্ত হইবে। এইরূপ প্রথমটির দক্ষিণমুখী ধ্রুবের নিকট দ্বিতীয়টির উত্তর-মুখী ধ্রুব ধর; উভয়ে আকৃষ্ট হইবে। উপরে বলিয়াছি যে,

এক উত্তরমুখী ধ্রুব অন্য উত্তরমুখী ধ্রুবকে এবং এক দক্ষিণ-মুখী ধ্রুব অন্য দক্ষিণমুখী ধ্রুবকে বিপ্রকর্ষণ করে। এখানে দেখিলাম যে, এক উত্তরমুখী ধ্রুব অপর দক্ষিণমুখী ধ্রুবকে আকর্ষণ করে। তবেই সংক্ষেপে বলিতে পারি যে, একই নামের দুই ধ্রুবের মধ্যে বিপ্রকর্ষণ এবং দুই নামের দুই ধ্রুবের মধ্যে আকর্ষণ হয়।

চুম্বকের লৌহাকর্ষণ-গুণ অবলম্বনে নানাবিধ খেলনা প্রস্তুত হইয়া থাকে। একটি সূচীকে চুম্বক করিয়া (১০১ প্রক)

৫৯শ চিত্র।

তাহা সোলাতে বিদ্ধ কর। পরে সেই সোলা কোন পাত্রের জলে ছাড়িয়া দাও (৫৯শ চিত্র); সূচীর উত্তরমুখী ধ্রুব উত্তরদিকে থাকিবে। তাহার সম্মুখে কোন চুম্বক-শলাকা ধর; তাহা আকৃষ্ট বা বিপ্রকৃষ্ট হইবে।

(১০০) চুম্বকধর্ম্ম-সংক্রামণ। দ উ এক চুম্বক-দণ্ডের (৬০ষ্টি চিত্র) দ দক্ষিণমুখী এবং উ উত্তরমুখী ধ্রুব। উহার উত্তরমুখী ধ্রুবে একটি প্রেক ধর; প্রেক তদ্দ্বারা আকৃষ্ট হওয়াতে তাহাতে সংযুক্ত হইবে। এই প্রেকটি একটি চুম্বক হইয়াছে। চুম্বকে সংলগ্ন উপরের অগ্রভাগ উহার দক্ষিণমুখী

ধ্রুব এবং নীচের অগ্রভাগ উহার উত্তরমুখী ধ্রুব হইয়াছে। বাস্তবিক এইরূপ হইয়াছে কি না, তাহা পরীক্ষা দ্বারা স্থির কর। একটি চুম্বক-শলাকার উত্তরমুখী ধ্রুব প্রেকের নিম্নস্থ অগ্রভাগের নিকট ধর; উহাদিগের মধ্যে বিপ্রকর্ষণ দেখা যাইবে। তবেই দেখা গেল যে, প্রেকটি আর সামান্য লৌহখণ্ড নহে; উহা এক্ষণে একটি ক্ষুদ্র চুম্বক হইয়াছে।

৬০ষ্টি চিত্র।

এই প্রেকের চুম্বকধর্ম্ম-প্রাপ্তি নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা আরও স্পষ্ট দেখা যায়। প্রেকের নিম্নস্থ অগ্রভাগের নিকট আর একটি প্রেক ধর; দ্বিতীয় প্রেক, প্রথম প্রেক দ্বারা আকৃষ্ট হইয়া তাহাতে সংযুক্ত হইবে। এই দ্বিতীয় প্রেকটিও একটি ক্ষুদ্র চুম্বক হইয়াছে; তাহা পূর্ব্বের ন্যায় পরীক্ষা দ্বারা স্থির করিতে পারা যায়। চুম্বক-দণ্ড বড় এবং অধিক পরিমাণে চৌম্বকগুণসম্পন্ন হইলে, তদ্দ্বারা ৫। ৬টি প্রেক এইরূপে সংযুক্ত করা যাইতে পারে।

আমি উপরিবর্ণিত পরীক্ষায় প্রথম প্রেকটি চুম্বকের কোন ধ্রুবে ধরিতে বলিয়াছিলাম। ইহাতে কেহ কেহ মনে করিতে পারেন যে, চুম্বকের সংস্পর্শ ভিন্ন প্রেক চুম্বক-

ধর্ম্ম প্রাপ্ত হয় না। কিন্তু তাহা নহে। একটি প্রেক কিম্বা ছোট লৌহখণ্ড কোন চুম্বকের নিকট রাখিয়া, উহাদিগের উপর লৌহচূর্ণ প্রক্ষেপ কর (৬১ষ্টি চিত্র)। উক্ত লৌহখণ্ড চুম্বকের নিকট থাকাতে চৌম্বক-ধর্ম্ম প্রাপ্ত হইয়া লৌহচূর্ণ আকর্ষণ করিবে। সুতরাং লৌহচূর্ণ চুম্বকদণ্ডের ন্যায় উহাতেও সংলগ্ন হইয়া যাইবে। লৌহদণ্ডটি চুম্বক হইতে যতই

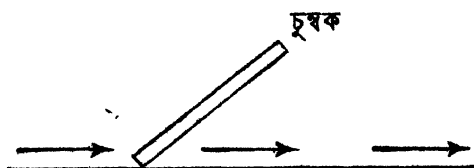
৬১ষ্টি চিত্র।

দূরে রাখিবে তাহার লৌহাকর্ষণ ক্ষমতা ততই কম হইবে, এবং যতই তাহার নিকট রাখিবে তত ই ইহা বৃদ্ধি হইবে।

চুম্বক-দণ্ডের নিকটে থাকাতে লৌহখণ্ডে চুম্বকধর্ম্ম সংক্রামিত হয়। নিকটস্থ লৌহে কোন চুম্বকের এইরূপ ক্রিয়াকে চুম্বকধর্ম্ম-সংক্রামণ বলা যাইতে পারে।

(১০১) কৃত্রিম চুম্বক প্রস্তুত করিবার প্রণালী।

পূর্ব্ব প্রকরণে আমরা দেখিয়াছি যে, চুম্বকদ্বারা লৌহে চুম্বকধর্ম্ম সংক্রামিত করা যাইতে পারে। এক্ষণে দেখা যাউক, লৌহে ঐ ধর্ম্ম চিরস্থায়ী হয় কি না। কোন চুম্বকে একটা প্রেক ধর; উহা চুম্বক হওয়াতে লৌহচূর্ণ বা অপর প্রেক আকর্ষণ করিতে পারিবে। চুম্বক হইতে প্রেকটি অপসারিত কর; প্রেক হইতে লৌহচূর্ণ বা অপর প্রেক খসিয়া

পড়িবে, অর্থাৎ উহার চুম্বকধর্ম্ম তৎক্ষণাৎ তিরোহিত হইবে। কিন্তু প্রেকের পরিবর্ত্তে এক ইস্পাতের সূচীকা সংলগ্ন কর; দেখিবে যে, উহাও চুম্বক হওয়াতে লৌহচূর্ণ আকর্ষণ করিবে। কিয়ৎক্ষণ এইরূপ সংযুক্ত অবস্থায় রাখিয়া সূচীকা সরাইয়া লও; লৌহচূর্ণ পূর্ব্বের ন্যায় সংযুক্ত থাকিবে। অপর লৌহ-চূর্ণে ধর, তাহাও এতদ্দ্বারা আকৃষ্ট হইবে। ঐ সূচী কোন চুম্বকশলাকার ধ্রুবের নিকট ধর; দেখিবে যে, সূচীকার প্রান্তদ্বয় দুই ধ্রুব হইয়াছে। প্রকৃত পক্ষে এই সূচীকাটি একটি চুম্বক হইয়া উঠিয়াছে।

৬২ষ্টি চিত্র।

সূচীকাটি চুম্বকের সংস্পর্শে কিয়ৎক্ষণ না রাখিয়া তাহার উপর দিয়া চুম্বক-দণ্ড একই দিকে কয়েকবার টানিলে (৬২ষ্টি চিত্র), সূচীকাটি বিলক্ষণ চুম্বকধর্ম্মসম্পন্ন হইবে। সূচীকার এই গুণ বরাবর থাকিবে। কিন্তু প্রেকের উপরে অনেক-বার ঘষিলেও, তাহাতে চুম্বকধর্ম্ম চিরস্থায়ী হইবে না।

সূচীকার পরিবর্ত্তে ছুরী, কাঁচি, প্রভৃতি কোন ইস্পাত ঘষিলে, উহারা চিরস্থায়ী চুম্বক হইবে। কিন্তু প্রেকের ন্যায়

কোন কাঁচা লৌহ ঘষিলে, উহা চিরস্থায়ী চুম্বক হইবে না। ইস্পাতের দৈর্ঘ্যের দিকে আঘাত করিলে, তাহা চুম্বকধর্ম্ম প্রাপ্ত হয়। এজন্য সূত্রধরের বাটালি, উখা (রেতি) প্রভৃতি যন্ত্রসকল সচরাচর চুম্বকধর্ম্মবন্ত দেখা যায়।

কখন কখনও দণ্ডাকার ইস্পাত অশ্ব-নালের ন্যায় বাঁকাইয়া (৬৩ষ্টি চিত্র) তাহাকে চুম্বক করা হয়। দুই ধ্রুব নিকটবর্ত্তী হওয়াতে, তদ্দ্বারা দণ্ডাকৃতি চুম্বক অপেক্ষা বেশী ভারি লৌহ উত্তোলন করিতে পারা যায়। চুম্বকের ধর্ম্ম অক্ষুণ্ণ রাখিবার নিমিত্ত সচরাচর তাহাতে একখণ্ড কাঁচা লৌহ সংলগ্ন থাকে। উহাকে চুম্বকের রক্ষক বলে।

৬৩ষ্টি চিত্র।

এতদ্ভিন্ন, অন্যান্য প্রকার ঘর্ষণেও ইস্পাতে চুম্বকধর্ম্ম সংক্রামিত করা যাইতে পারে। লৌহের চতুর্দ্দিকে তাড়িত-প্রবাহ চালিত করিলে, তাহা চুম্বকধর্ম্মাক্রান্ত হয়। ইহার বিষয় পরে (১২২ প্রক, ৩) বলা যাইবে।

(১০২) **চুম্বকধর্ম্ম কিসে নষ্ট হয়।** চুম্বক লইয়া ক্রমাগত উহা লৌহখণ্ডে লাগাইয়া তুলিতে থাকিলে, উহার গুণ ক্রমশঃ নষ্ট হয়; এবং উহা অগ্নিতে পোড়াইয়া লালবর্ণ করিলে, উহার ধর্ম্ম একবারে বিলুপ্ত হয়।

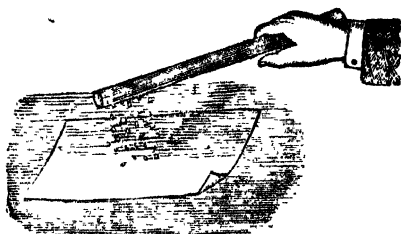
অষ্টম অধ্যায়।

তাড়িত।

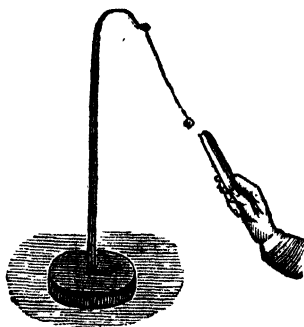
প্রথম পরিচ্ছেদ।

ঘর্ষণজনিত তাড়িত।

(১০৩) তাড়িত-আকর্ষণ। একটি লাক্ষাদণ্ড ফ্লানেল কিম্বা রেশমী বস্ত্রে কিম্বা কম্বলে ঘর্ষণ করিয়া, ছোট ছোট কাগজ, পালক, সোলা প্রভৃতি লঘু দ্রব্যের নিকট ধর; ঐ সকল দ্রব্য লাক্ষাদণ্ড দ্বারা আকৃষ্ট হইবে (৬৪ষ্টি চিত্র)।

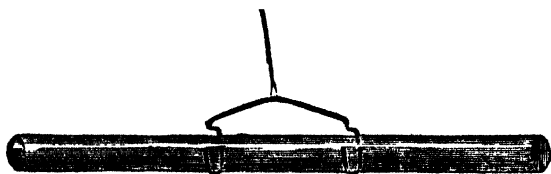
৬৪ষ্টি চিত্র।

তদ্রূপ, একটি কাচদণ্ড কিম্বা রবরের (কাচকড়) চিরুণী বা দণ্ড, রেশমী বস্ত্রে কিম্বা কম্বলে ঘর্ষণ করিয়া লঘু দ্রব্যের নিকট ধর; উক্ত দ্রব্য ঐ কাচদণ্ড, রবরের দণ্ড বা চিরুণী দ্বারা আকৃষ্ট হইবে।

ঘর্ষণ করিবার পূর্ব্বে ঐ সকল দণ্ডের আকর্ষণী-গুণ অবশ্য ছিল না। যে প্রাকৃতিক কারণবশতঃ উহাদিগের এই প্রকার গুণ হয়, তাহাকে তাড়িত, এবং যে সকল দ্রব্যে এই গুণ দেখা যায়, তাহাদিগকে তাড়িতবস্তু বলে।

তাড়িতাকর্ষণ ভালরূপে দেখিতে হইলে, এক টুক্‌রা সোলা বা খড় কার্পাস সূত্রে ঝুলাও। উহার নিকট ঘর্ষিত লাক্ষা বা চিরুণী ধর; তাহা দ্বারা সোলা বেগে আকৃষ্ট হইবে (৬৫ষ্টি চিত্র)।

৬৫ষ্টি চিত্র।

তাড়িতবস্তু লাক্ষাদণ্ড দ্বারা যে, কেবল লঘু দ্রব্য আকৃষ্ট হয়, এমত নহে। ভারি দ্রব্যকে শূন্যে তুলিতে না পারিলেও, তাহাকে উহা আকর্ষণ করিতে পারে। ৬৬ষ্টি চিত্রের ন্যায়, এক বক্র পিত্তল তারের ধারণীতে পেন্‌সিল রাখিয়া সূত্রদ্বারা তার ঝুলাও। উহার নিকট ঘর্ষিত লাক্ষা অথবা

রবরদণ্ড বা চিরুণী ধর ; পেন্‌সিল উহা দ্বারা আকৃষ্ট হইবে।

যেরূপ, ঘর্ষিত দ্রব্য অঘর্ষিত দ্রব্যকে আকর্ষণ করে, তদ্রূপ, অঘর্ষিত দ্রব্য ঘর্ষিত দ্রব্যকেও আকর্ষণ করে। বাস্তবিক, ঘর্ষিত ও অঘর্ষিত দ্রব্য পরস্পর পরস্পরকে আকর্ষণ করে। একটি ঘর্ষিত লাক্ষাদণ্ড ৬৬ষ্টি চিত্রের ন্যায় ঝুলাইয়া তাহার নিকটে তোমার হাত, কি পেন্‌সিল, কি পুস্তক ধর ; উহা দণ্ডকে আকর্ষণ করিবে।

৬৬ষ্টি চিত্র।

(১০৪) তাড়িত-বিপ্রকর্ষণ। একটি রবরের দণ্ড বা রবরের চিরুণী ফ্লানেল কিম্বা কম্বলে ঘর্ষণ করিয়া ধারণীতে রাখিয়া ঝুলাও (৬৬ষ্টি চিত্র)। পরে আর একটি রবরের চিরুণী বা দণ্ড ফ্লানেল কিম্বা কম্বলে ঘষিয়া লম্বমান চিরুণীর নিকট ধর ; আকর্ষণের পরিবর্ত্তে উভয়ের মধ্যে বিপ্রকর্ষণ দেখা যাইবে।

পুনশ্চ, কম্বলে ঘষিয়া একটি লাক্ষাদণ্ড ধারণীতে ঝুলাও। পরে ফ্লানেলে কিম্বা কম্বলে ঘর্ষিত আর একটি লাক্ষাদণ্ড

উহার নিকট ধর; দুই ঘর্ষিত চিরুণীর ন্যায়, উহারও পরস্পর পরস্পরকে বিপ্রকর্ষণ করিবে।

একটি ঈষদুষ্ণ কাচদণ্ড লইয়া রেশমী বস্ত্রে কিম্বা কম্বলে ঘষিয়া দেখ যে, উহাও অঘর্ষিত দ্রব্যসকলকে আকর্ষণ করিতে পারে। কিন্তু উহাকে ঝুলাইয়া উহার নিকটে রেশমী বস্ত্রে ঘর্ষিত আর একটি কাচদণ্ড ধর; ঐ দুই কাচদণ্ডের মধ্যেও বিপ্রকর্ষণ দেখা যাইবে।

(১০৫) তাড়িত দুই প্রকৃতির। উপরের পরীক্ষাসকল হইতে দেখা গেল যে, একই দ্রব্য দ্বারা ঘর্ষিত হইলে, এক রবরের চিরুণী অন্য রবরের চিরুণীকে, এক লাক্ষা অন্য লাক্ষাকে এবং এক কাচ অন্য কাচকে বিপ্রকর্ষণ করে।

এক্ষণে দেখা যাউক, ঘর্ষিত রবরের চিরুণী ঘর্ষিত লাক্ষাকে ও কাচকে, এবং ঘর্ষিত লাক্ষা ঘর্ষিত কাচকে আকর্ষণ কি বিপ্রকর্ষণ করে।

ঘর্ষিত রবরের চিরুণী ঝুলাইয়া তাহার নিকট ঘর্ষিত লাক্ষা ধর, বিপ্রকর্ষণ দেখিবে; ঘর্ষিত কাচ ধর; আকর্ষণ দেখিবে। অতএব ঘর্ষিত চিরুণী, ঘর্ষিত লাক্ষার ন্যায়, অন্য ঘর্ষিত লাক্ষাকে বিপ্রকর্ষণ করে।

ঘর্ষিত লাক্ষা ঝুলাইয়া তাহার নিকট এক ঘর্ষিত কাচ ধর, উভয়ের মধ্যে আকর্ষণ দেখিবে। অতএব ঘর্ষিত কাচ ঘর্ষিত রবর ও লাক্ষাকে আকর্ষণ করে।

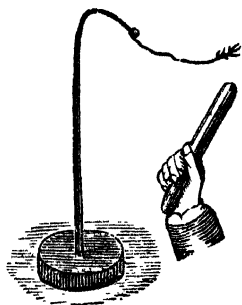
এই সকল পরীক্ষাদ্বারা বেশ জানা গেল যে, পশমী বস্ত্রে

ঘর্ষণে লাক্ষা ও রবরের যে প্রকার তাড়িত উৎপন্ন হয়, পশমী বস্ত্রে ঘর্ষণে সেই প্রকার তাড়িত কাচে উৎপন্ন হয় না।

(১০৬) সংযোগ ও বিয়োগ তাড়িত। ফ্লানেলে কিম্বা কম্বলে ঘর্ষণে কাচে যে তাড়িত উৎপন্ন হয়, তাহাকে সংযোগ-তাড়িত এবং ফ্লানেলে কিম্বা কম্বলে ঘর্ষণে লাক্ষাতে কিম্বা রবরে যে তাড়িত উৎপন্ন হয়, তাহাকে বিয়োগ-তাড়িত বলে।

এই নামদ্বয়ের সাহায্যে আমরা তাড়িত আকর্ষণ ও বিপ্রকর্ষণ সম্বন্ধে যতটুকু শিখিয়াছি, তাহা প্রকাশ করিতে পারি। আমরা দেখিয়াছি যে, (১) তাড়িতবস্তু দ্রব্য অ-তাড়িত-বস্তু দ্রব্যকে আকর্ষণ করে; (২) সংযোগ-তাড়িতবস্তু দ্রব্য সংযোগ-তাড়িতবস্তু দ্রব্যকে, এবং বিয়োগ-তাড়িতবস্তু দ্রব্য বিয়োগ-তাড়িতবস্তু দ্রব্যকে (অর্থাৎ একই নামের তাড়িত-বস্তু দুইটি দ্রব্য পরস্পর পরস্পরকে) বিপ্রকর্ষণ করে; এবং (৩) সংযোগ-তাড়িতবস্তু দ্রব্য বিয়োগ-তাড়িতবস্তু দ্রব্যকে (অর্থাৎ দুই নামের তাড়িতবস্তু দুইটি দ্রব্য পরস্পর পরস্পরকে) আকর্ষণ করে।

(১০৭) তাড়িত-পরিচালক ও তাড়িত-অপরি-চালক। শাদা রেশমী সূত্রে এক টুক্‌রা সোলা, খড় কিম্বা পালক ঝুলাও। পরে ঘর্ষিত লাক্ষা তাহার নিকট ধর; প্রথমতঃ পালক আকৃষ্ট হওয়াতে, তাহা লাক্ষা স্পর্শ করিবে, কিন্তু পরক্ষণেই উহা বিপ্রকৃষ্ট হইবে (৬৭টি চিত্র)।

এক্ষণে উক্ত পালকের নিকট তোমার হাত ধর, হাত দ্বারা তাহা আকৃষ্ট হইবে। অতএব লাক্ষা হইতে পালক নিশ্চয়ই কিঞ্চিৎ তাড়িত পাইয়াছে। এজন্য লাক্ষা এবং পালক, উভয়ে একই নামের তাড়িতবস্তু হওয়াতে, তাহারা পরস্পব পরস্পরকে (১০৬ প্রক) বিপ্রকর্ষণ করিল।

৬৭ষ্টি চিত্র।

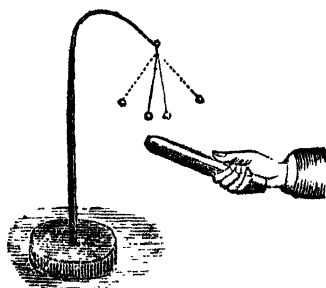
কিন্তু কার্পাসসূত্র দ্বারা পালক ঝুলাইয়া তাহার নিকট ঘর্ষিত লাক্ষা ধরিলে, আকর্ষণ ভিন্ন বিপ্রকর্ষণ দেখা যায় না। ইহার কারণ এই যে, এস্থলে পালক যতটুকু তাড়িত পায়, তাহা কার্পাসসূত্র, টেবিল ইত্যাদি দিয়া পৃথিবীতে চলিয়া যায়। তজ্জন্য ক্ষণকালের জন্যও পালক তাড়িতবস্তু হয় না। এই নিমিত্ত তাহা তাড়িতবস্তু লাক্ষাদ্বারা বরাবর আকৃষ্ট থাকে।

কার্পাসসূত্রের উপরে রেশমী সূত্র বাঁধিয়া পালক ঝুলাও। এক্ষনে ঘর্ষিত লাক্ষাদণ্ড পালকের নিকট ধরিলে, লাক্ষাদ্বারা উহা আকৃষ্ট হইয়া তাহা স্পর্শ করিয়াই বিপ্রকৃষ্ট হইবে। কার্পাসসূত্রের নিকট ঐ লাক্ষা ধর, কার্পাসসূত্রও বিপ্রকৃষ্ট হইবে। ইহার কারণ এই যে, লাক্ষার সংস্পর্শে উহার কিঞ্চিৎ তাড়িত পালক দিয়া গিয়া কার্পাসসূত্রকে বিয়োগ-তাড়িতবস্তু করিয়াছে। এস্থলে বলা আবশ্যক যে, কার্পাসসূত্রের উপরে

রেশমী সূত্র আছে বলিয়া লাক্ষার তাড়িত অন্য কোথাও না গিয়া কিয়দংশ কার্পাসসূত্রে ও কিয়দংশ ঐ সূত্র-বিলম্বিত পালকে থাকাতে এরূপ ঘটিয়া থাকে।

পুনশ্চ দেখা যায় যে, লাক্ষার কিম্বা কাচের অথবা রবরের ঘর্ষিত অংশমাত্র তাড়িতবস্ত হয়। যে অংশ হাতে থাকে এবং ঘর্ষিত হয় না, তাহা ঘর্ষিত অংশ হইতে তাড়িত পায় না। অর্থাৎ লাক্ষা, কাচ ও রবর দিয়া এক স্থানের তাড়িত অন্য স্থানে যাইতে পারে না।

যে সকল পদার্থ দিয়া এক স্থানের তাড়িত স্থানান্তরে গমন করিতে পারে, তাহাদিগকে তাড়িত-পরিচালক এবং যাহাদিগের মধ্য দিয়া গমন করিতে পারে না, তাহাদিগকে তাড়িত-অপরিচালক বলে।

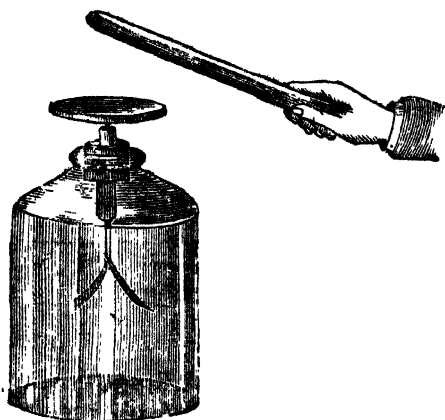
৫৮ষ্টি চিত্র।

(১০৮) তাড়িত-দর্শক। দুইটি সোলার গুলি শাদা রেশমী সূত্রে ঝুলাইয়া তাহাদিগের নিকট ঘর্ষিত

লাক্ষা কি রবর দণ্ড ধর; প্রথমতঃ তাহারা দণ্ডদ্বারা আকৃষ্ট হওয়াতে, তাহাতে সংলগ্ন হইবে। কিন্তু পরক্ষণেই দণ্ড দ্বারা বিপ্রকৃষ্ট হইবে। দণ্ডের সংস্পর্শে আসিলে, গুলিদ্বয় বিয়োগ-তাড়িতবস্ত হইবে, সুতরাং বিয়োগ-তাড়িতবস্ত দণ্ড দ্বারা বিপ্রকৃষ্ট হইবে। কিন্তু আবার, গুলিদ্বয় একবিধ তাড়িতবস্ত হওয়াতে, উহারা পরস্পর পরস্পরকে বিপ্রকর্ষণ করিবে। বায়ু শুষ্ক হইলে, গুলিদ্বয় অনেকক্ষণ পর্য্যন্ত এইরূপ বিযুক্ত অবস্থায় থাকিবে (৬৮ষ্টি চিত্র)।

এক্ষণে, এই বিযুক্ত গুলিদ্বয়ের নিকটে কোন ঘর্ষিত দ্রব্য ধরিলে যদি উহারা আরও অধিক পৃথক্ হয়, তাহা হইলে জানা যাইবে যে, ঐ ঘর্ষিত দ্রব্য বিয়োগ-তাড়িতবস্ত হইয়াছে। আর সংযুক্ত হইলে, জানা যাইবে যে, ঐ ঘর্ষিত দ্রব্য সংযোগ-তাড়িতবস্ত হইয়াছে। তবেই কোন দ্রব্য তাড়িতবস্ত কি না এবং তাহা সংযোগ কি বিয়োগ তাড়িতবস্ত, এতদ্দ্বারা তাহা জানিতে পারা যায়। এজন্য রেশমী সূত্রে লম্বমান সোলা-খণ্ডদ্বয়কে তাড়িত-দর্শক বলা যাইতে পারে।

৬৯ষ্টি চিত্র।

কিন্তু কোন দ্রব্যে নিতান্ত সামান্য পরিমিত তাড়িত থাকিলে, তাহা ঐ সোলাখণ্ড দুইটিকে পৃথক্ করিতে পারে না। তজ্জন্য স্বর্ণের সূক্ষ্ম দুইটি পত্র, সোলার গুলির ন্যায়, তাড়িত-দর্শকরূপে ব্যবহৃত হয়। এই যন্ত্রকে

স্বর্ণপত্র তাড়িত-দর্শক বলে। এইরূপে ইহা নির্ম্মাণ করা হয়। একটি পরিষ্কার শাদা বোতল কিম্বা ফুঁকশিশি লইয়া তাহার ছিপিতে এক ছিদ্র কর (৬৯ষ্টি চিত্র)। কয়েক ইঞ্চ দীর্ঘ পিত্তল বা তাম্রের তারের এক প্রান্তে এক পিত্তল চাকতি বা পয়সা ঝাল। পরে তারের চারিদিকে লাক্ষার পুরু প্রলেপ

৭০তি চিত্র।

লাগাইয়া ছিপির মধ্যে লাক্ষাসহ তার প্রবেশিত কর। অনন্তর তারের অপর প্রান্তে সোণার দুইখণ্ড সরু পত্র ঝুলাও। এক্ষণে, সূর্য্য-তাপে বোতলস্থ বায়ু শুষ্ক করিয়া, তার ও লাক্ষাসহ ছিপি দ্বারা তাহার মুখ বন্ধ কর। ইহাই স্বর্ণপত্র তাড়িত-দর্শক। ইহাদ্বারা স্বল্পমাত্রও তাড়িতের অস্তিত্ব ও প্রকৃতি জানা যায়। তারে লাক্ষার প্রলেপ দেওয়ার তাৎপর্য্য

এই যে, পিত্তল চাকতিতে প্রদত্ত তাড়িত তার হইতে কাচে আসিয়া নষ্ট হইতে পারে না।

(১০৯) তাড়িত পরিচালক ও অপরিচালক স্থির করিবার উপায়। কোন দ্রব্য তাড়িত পরিচালক কি অপরিচালক, তাহা স্বর্ণপত্র তাড়িত-দর্শক দ্বারা অনায়াসে স্থির করিতে পারা যায়। স্বর্ণপত্রদ্বয় ঘর্ষিত কাচ বা লাক্ষা দ্বারা বিযুক্ত কর (৭০তি চিত্র)। এক্ষণে চিরুণী, লাক্ষা, রেশম, পশম দ্বারা চাকতি স্পর্শ কর; পত্রদ্বয় বিযুক্তই থাকিবে। কিন্তু অঙ্গুলি, কার্পাসসূত্র, আর্দ্র বস্ত্র, ধাতু দ্বারা স্পর্শ কর; অবিলম্বে তাহারা সংযুক্ত হইবে। এই প্রকারে জানা যায় যে, রৌপ্য তাম্র প্রভৃতি ধাতু, অঙ্গার, জল, দীপশিখা,—ইহারা তাড়িত সুপরিচালক। প্রাণীশরীর, কার্পাস, শুষ্ক কাষ্ঠ, কাগজ,—ইহারা তাড়িত কুপরিচালক। তৈল, লোম, রেশম, ধূনা, রবর, লাক্ষা, কাচ, শুষ্ক বায়ু,—ইহারা তাড়িত-অপরিচালক।

জল তাড়িত-সুপরিচালক হওয়াতে, আর্দ্র বায়ুতে কোন দ্রব্য তাড়িতবন্ত অবস্থায় অধিকক্ষণ রাখা যায় না। এজন্য বর্ষাকালে কোন দ্রব্য ঘর্ষণদ্বারা তাড়িতবন্ত করা দুঃসাধ্য। কাচ স্বয়ং তাড়িত-অপরিচালক। কিন্তু জল-কণিকা সঞ্চয় করিবার গুণ থাকাতে, উহা সর্ব্বদা আর্দ্র থাকে। এজন্য তাড়িত উৎপাদন করিবার সময়, উহা গরম করিয়া লওয়া আবশ্যক।

(১১০) একবিধ তাড়িতের সঙ্গে সমান পরিমিত অন্যবিধ তাড়িত উৎপন্ন হয়। সাবধানে পরীক্ষা করিয়া দেখান যাইতে পারে যে, যখনই দুইটি বিভিন্ন দ্রব্য ঘর্ষণ করা যায়, তখনই (১) ঘর্ষক এবং ঘর্ষিত দ্রব্য উভয়েই তাড়িতবস্ত হয়, (২) ঘর্ষক এবং ঘর্ষিত দ্রব্যের তাড়িত বিভিন্ন প্রকৃতির, এবং (৩) উভয়ের তাড়িত পরিমাণে সমান।

কিন্তু কোন কোন স্থলে ঘর্ষক ও ঘর্ষিত দ্রব্যের উভয়কেই তাড়িতবস্ত হইতে দেখা যায় না। তাহার অন্য কারণ থাকে। ফ্লানেলে লাক্ষা ঘর্ষণ করিলে লাক্ষা তাড়িতবস্ত হইতে সহজেই দেখা যায়। কিন্তু ফ্লানেলকে তাড়িতবস্ত দেখা যায় না। ইহার কারণ এই যে, ফ্লানেল তাড়িত-কুপরিচালক। এজন্য ঘর্ষণ দ্বারা উৎপন্ন তাড়িত অবিলম্বে হাত ও শরীর দিয়া পৃথিবীতে চলিয়া যায়। লাক্ষা কিম্বা রবরদণ্ডে বা রেশমী সূত্রে সংলগ্ন করিয়া ফ্লানেলকে তাড়িত-অপরিচালক করিয়া ঘর্ষণ করিলে ফ্লানেলে সংযোগ-তাড়িতবস্ত এবং লাক্ষা বিয়োগ-তাড়িতবস্ত হইতে দেখা যায়।

কোন বস্তুদ্বয়ের ঘর্ষণে কোন্ বস্তুতে কি প্রকৃতির তাড়িত উৎপন্ন হইবে, তাহা পরীক্ষা ভিন্ন বলিবার অন্য কোন উপায় নাই। একই দ্রব্য অপর ভিন্ন ভিন্ন দ্রব্যের সহিত ঘর্ষণে বিভিন্ন প্রকৃতির তাড়িতবস্ত হয়।

মসৃণ কাচদণ্ড রেশমী, পশমী ও কার্পাস বস্ত্রে, কাগজে,

রবরে, হাতে ঘর্ষণ কর; কাচদণ্ড সংযোগ-তাড়িতবস্ত হইবে। কিন্তু বিড়ালের চর্ম্মে ঘষিলে, তাহা বিয়োগ-তাড়িতবস্ত হইবে। বদ্ধুর কাচদণ্ড আবার উপরি উক্ত দ্রব্যসকলে ঘর্ষণ করিলে, বিয়োগ-তাড়িতবস্ত হয়।

রেশমী, পশমী ও কার্পাস বস্ত্রে, কাগজে, বিড়ালচর্ম্মে লাক্ষা ঘর্ষণ কর; তাহা বিয়োগ-তাড়িতবস্ত হইবে। কিন্তু কোন ধাতুময় দ্রব্যে কিম্বা রবরে ঘষিলে, তাহা সংযোগ-তাড়িতবস্ত হইয়া উঠিবে।

কাষ্ঠের পেন্সিল কিম্বা অন্য কোন কাষ্ঠ পশমী বস্ত্রে, বিড়ালের চর্ম্মে, কাগজে ঘর্ষণ কর; তাহা বিয়োগ-তাড়িত-বস্ত হইবে। কিন্তু রেশমী বস্ত্রে ঘষিলে, তাহা সংযোগ-তাড়িতবস্ত হইবে।

পশমী, রেশমী ও কার্পাস বস্ত্রে, কাগজে, শুষ্ক কেশে ও হাতে রবর-দণ্ড ঘর্ষণ কর; তাহা বিয়োগ-তাড়িতবস্ত হইবে।

পিত্তলাদি ধাতুময় দ্রব্য ঘর্ষণ করিলে তাড়িতবস্ত দেখা যায় না। ইহার কারণ এই যে, উহারা তাড়িত-পরিচালক হওয়াতে, উৎপন্ন হইবামাত্র তাড়িত হাত দিয়া পৃথিবীতে চলিয়া যায়। কাচ কিম্বা লাক্ষার বাঁট করিয়া ধাতুময় দ্রব্য সকল ঘর্ষণ করিলে, উহারা তাড়িতবস্ত থাকে। এজন্য, স্বর্ণ-পত্র তাড়িত-দর্শকের পিত্তল চাকতি পশমী বস্ত্রে ঘর্ষণ করিলে, তাহা বিয়োগ-তাড়িতবস্ত এবং রেশমী বস্ত্রে কিম্বা রবরে ঘর্ষণ করিলে, তাহা সংযোগ-তাড়িতবস্ত হইতে দেখা যায়।

(১১১) তাড়িতের প্রকৃতি ও উৎপত্তি। তাড়িত কোন জড়-পদার্থ নহে। তবে যে ইহা কি, তাহা এখনও স্থিরীকৃত হয় নাই। ইহা যাহাই হউক, পূর্ব্বের পরীক্ষাসকল হইতে জানা যায় যে, প্রত্যেক বস্তুতে এই দ্বিবিধ তাড়িত মিলিত অবস্থায় থাকে। কোন দ্রব্য ঘর্ষণ করিলে, এই দুইটি তাড়িত পৃথক্ হইয়া পড়ে। কম্বলে লাক্ষা ঘর্ষণ করিলে, লাক্ষার তাড়িতদ্বয় পৃথক্ হইয়া একটি লাক্ষাতে এবং অপরটি কম্বলে যায়। সর্ব্বস্থলেই এইরূপ পৃথক্ হইলে আমরা তাড়িতের সত্ত্বা জানিতে পারি। কোন স্থলেই তাড়িত সৃষ্ট হয় না।

(১১২) তাড়িতের ক্রিয়া। আকর্ষণ ও বিপ্রকর্ষণ ভিন্ন তাড়িতের অন্যান্য আরও ক্রিয়া আছে।

(১) একটি লাক্ষাদণ্ড অন্ধকার গৃহে পশমী বস্ত্রে ঘর্ষণ কর; দণ্ডটি আলোকময় দেখিবে। অঙ্গুলিদ্বারা ঘর্ষিত দণ্ড স্পর্শ কর; স্পৃষ্ট স্থান ও অঙ্গুলি, এতদুভয়ের মধ্যে বিস্ফুলিঙ্গ দেখিবে। তদ্রূপ, একটি রবরের চিরুণী ঘর্ষণ করিয়া স্পর্শ কর; বিস্ফুলিঙ্গ দেখিবে। বিড়ালের গাত্র হস্তদ্বারা ঘর্ষণ কর; বিড়ালের গাত্র আলোকময় হইবে।

(২) একটি ঘর্ষিত দণ্ড তোমার মুখের নিকট ধর; মুখে, যেন মাকড়সার জাল লাগিয়াছে, এরূপ বোধ হইবে। ইহার কারণ এই যে, তাড়িতবস্ত দণ্ড মুখের লোমসকলকে আকর্ষণ করাতে, উহারা দণ্ডায়মান হয়।

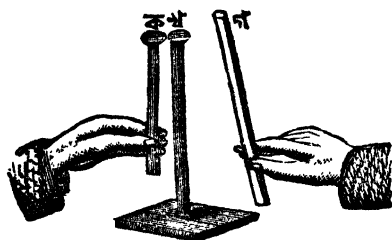
(৩) ঘর্ষিত দণ্ড স্পর্শ কর, কড়কড় শব্দ শুনিবে। দণ্ড কর্ণের নিকট ধর ; কড়কড় শব্দ স্পষ্ট শুনিতে পাইবে। এই-রূপে যখনই দ্বিবিধ তাড়িত মিলিত হয়, তখনই বিস্ফুলিঙ্গ-সহ কড়কড় শব্দ শুনিতে পাওয়া যায়।

এতদ্ভিন্ন, যখন দুই তাড়িত মিলিত হয়, তখন তাপ প্রভৃতি আরও কয়েকটি ক্রিয়া উৎপন্ন হয়। শরীর দিয়া দ্বিবিধ তাড়িত মিলিত হইলে তাহা শরীরে সংক্ষোভ উৎ-পাদন করে। ইহা অল্প তাড়িত দ্বারা অনুভব করা যায় না। তাড়িত সংহত করিবার উপায় বলিয়া, ইহা দেখাইব।

* (১১৩) তাড়িত-সংক্রামণ। কোন ঘর্ষিত লাক্ষা-দণ্ডের সংস্পর্শে কোন পিত্তলদণ্ড কিম্বা অপর কোন তাড়িত-পরিচালক পদার্থ আনিলে, লাক্ষার বিয়োগ-তাড়িত পরিচাল-কের মিশ্রিত তাড়িতদ্বয়কে পৃথক্ করিয়া তাহার নিজের সমান পরিমিত সংযোগ-তাড়িতের সহিত মিলিত হয়। এজন্য পরিচালক বিয়োগ-তাড়িতবন্ত দেখা যায়। এখানে পরি-চালন-প্রণালীতে পরিচালক-দ্রব্য তাড়িতবন্ত হইল।

কিন্তু স্পর্শ না করিয়া, কোন তাড়িতবন্ত দ্রব্যের নিকটে কোন তাড়িত-পরিচালক ধরিলে, পরিচালক তাড়িতবন্ত হয়। পরীক্ষা দ্বারা এ বিষয়টি বুঝা যাউক।

পর পৃষ্ঠার প্রতিকৃতিতে ক এবং খ দুইটি পয়সা বা পিত্তল চাকতি লাক্ষাদণ্ডে আঁটিয়া, খ পয়সার লাক্ষা কোন কাষ্ঠে বসান হইয়াছে। লাক্ষা দ্বারা ধরিয়া, ক পয়সাকে খ পয়সার

সংস্পর্শে রাখা হইয়াছে। এক্ষণে গ একটি বিয়োগ-তাড়িতবন্ত লাক্ষাদণ্ড খ-র নিকট ধর; ক এবং খ-র মিশ্রিত তাড়িত

৭১তি চিত্র।

পৃথক্ হওয়াতে, উহারা তাড়িতবন্ত হইবে। বাস্তবিক এরূপ হইয়াছে কি না, তাহা দেখা যাউক। লাক্ষাদণ্ড নিকটে ধরিয়া অগ্রে ক পয়সাকে কিছু দূরে সরাইয়া, পরে লাক্ষা-দণ্ডকে স্থানান্তরিত কর; এক্ষণে ক এবং খ পয়সাদ্বয় কোন তাড়িত-দর্শকের নিকট ধরিলে, উভয়কেই সমান পরিমাণে তাড়িতবন্ত দেখিবে। কিন্তু উহারা একবিধ তাড়িতবন্ত নহে। তাড়িত-দর্শক দ্বারা দেখ যে, গ লাক্ষাদণ্ডের নিকট-বর্ত্তী খ পয়সা সংযোগ-তাড়িতবন্ত এবং তাহার দূরবর্ত্তী ক পয়সা বিয়োগ-তাড়িতবন্ত হইয়াছে।

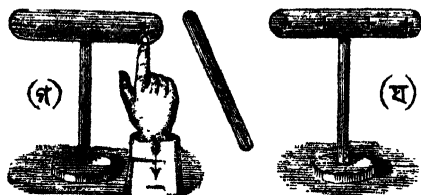
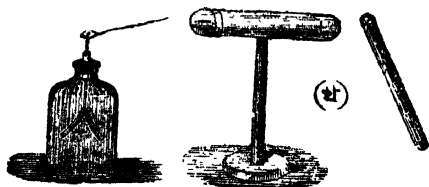
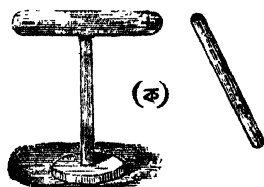
পূর্ব্বের পরীক্ষায় লাক্ষাদণ্ডকে সরাইয়া, ক এবং খ পয়সা পুনর্ব্বার পরস্পর সংযোজিত করিলে তাড়িত-দর্শক দ্বারা দেখিবে যে, উভয়ে কিঞ্চিন্মাত্রও তাড়িতবন্ত নহে।

লাক্ষাদণ্ড হইতে কিঞ্চিন্মাত্রও তাড়িত পয়সাদ্বয়ে যায় নাই। কেবলমাত্র তাড়িতবন্ত দ্রব্যের নিকটে থাকাতেই পয়সাদ্বয়ের তাড়িত পৃথক্ হইল। পূর্ব্বের পরীক্ষা হইতে আরও দেখা গেল যে, কোন দ্রব্যে সমান পরিমিত সংযোগ ও বিয়োগ তাড়িত থাকিলে, তাহা অতাড়িতবন্ত দ্রব্যের ন্যায় কার্য্য করে।

কোন দূরবর্ত্তী অতাড়িতবন্ত দ্রব্যের উপর কোন তাড়িত-বন্ত দ্রব্যের ক্রিয়াকে তাড়িত-সংক্রামণ, এবং তাড়িতবন্ত দ্রব্যকে—আমাদের পরীক্ষার লাক্ষাদণ্ডকে—সংক্রামক বলে।

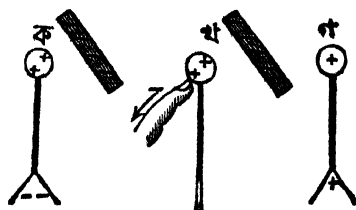
এইরূপ ক্রিয়ার কারণ সহজেই দেখা যায়। লাক্ষাদণ্ডের বিয়োগ-তাড়িত পয়সাদ্বয়ের মিশ্রিত তাড়িতদ্বয়ের মধ্যে সংযোগ-তাড়িতকে আকর্ষণ করাতে, তাহা দণ্ডের নিকটস্থ খ পয়সাতে দেখা গেল; এবং দণ্ডের বিয়োগ-তাড়িত পয়সাদ্বয়ের বিয়োগ-তাড়িতকে বিপ্রকর্ষণ করাতে, তাহা দণ্ডের দূরস্থ ক পয়সাতে উপস্থিত হইল।

পয়সাদ্বয়ের পরিবর্ত্তে এক অনতিদীর্ঘ পিত্তলদণ্ড কিম্বা রাঙ্গের পাত-মণ্ডিত বংশ-দণ্ড ব্যবহার করিলে, লাক্ষার নিকট-বর্ত্তী পিত্তলদণ্ডের অংশে সংযোগ-তাড়িত এবং দূরবর্ত্তী অংশে বিয়োগ-তাড়িত দেখা যাইবে (৭২তি চিত্র, ক)। এক বিয়োগ-তাড়িত অন্য বিয়োগ-তাড়িতকে, যতদূরে পারে ততদূরে, দূরী-ভূত করে। এজন্য দীর্ঘতার দ্বারা ঐ দণ্ডের সহিত কোন স্বর্ণ-পত্র তাড়িত-দর্শক যোগ করিলে, পত্রদ্বয় বিয়োগ-তাড়িত বশতঃ

পৃথক্ হইবে (খ)। দীর্ঘ তার কিম্বা হাত দিয়া দণ্ডের সহিত পৃথিবীর যোগ কর; বিপ্রকৃষ্ট সমস্ত বিয়োগ-তাড়িত পৃথিবীতে চলিয়া যাইবে (গ)। কিন্তু তার কিম্বা হাত দিয়া দণ্ডের সংযোগ-তাড়িত চলিয়া যাইতে পারিবে না। যেহেতু

৭২তি চিত্র।

উহা লাক্ষার বিয়োগ-তাড়িত দ্বারা আকৃষ্ট সুতরাং বদ্ধ থাকে। এজন্য প্রথমতঃ পিত্তলদণ্ডকে অঙ্গুলিদ্বারা ক্ষণমাত্র

স্পর্শ করিয়া, লাক্ষাদণ্ড সরাইলে, দণ্ডটি সংযোগ-তাড়িতবস্তু হইতে দেখা যাইবে (ঘ)।

স্বর্ণপত্র তাড়িত-দর্শকে এই পরীক্ষাটি কর। ইহার চাক-তির নিকট একটি কম্বলে ঘর্ষিত লাক্ষা ধর; পত্রদ্বয়

৭৩তি চিত্র।

বিয়োগতাড়িত-বশতঃ পৃথক্ হইবে (৭৩তি চিত্র, ক)। অঙ্গুলি দ্বারা চাকতি স্পর্শ কর; বিপ্রকৃষ্ট বিয়োগ-তাড়িত হস্ত ও শরীর দিয়া পৃথিবীতে চলিয়া যাইবে। এজন্য পত্রদ্বয় অতাড়িতবস্তু হওয়াতে একত্র হইবে (খ)। কিন্তু অগ্রে অঙ্গুলি সরাইয়া পরে লাক্ষাদণ্ড অপসারিত কর; তৎক্ষণাৎ পত্রদ্বয় পুনর্ব্বার পৃথক্ হইবে (গ)। কিন্তু এবারে সংযোগ-তাড়িত বশতঃ পৃথক্ হইয়াছে। যখন অঙ্গুলিদ্বারা স্পর্শ করা গেল, তখন বিপ্রকৃষ্ট ও মুক্ত বিয়োগ-তাড়িত হাত দিয়া স্থানান্তরিত হইল; কিন্তু আকৃষ্ট ও বদ্ধ সংযোগ-তাড়িত যাইতে পারিল না। এজন্য তাহা লাক্ষার নিকটেই থাকিল, সুতরাং তখন পত্রদ্বয় পৃথক্ হইল না। কিন্তু লাক্ষাদণ্ড

অপসারিত করিবামাত্র, পূর্ব্বের বদ্ধ সংযোগ-তাড়িত এক্ষণে মুক্ত হইয়া, চাকতি, স্বর্ণপত্র প্রভৃতির সর্ব্বত্র বিস্তৃত হইল। তাহাতেই স্বর্ণপত্র সংযোগ-তাড়িতবস্ত দেখা গেল।

অতএব সংক্রামণ-প্রণালীতে কোন বিয়োগ-তাড়িতবস্তু সংক্রামক দ্বারা তাড়িত-দর্শকের স্বর্ণপত্রদ্বয় সংযোগ-তাড়িত-বস্ত করা যাইতে পারে। তদ্রূপ, কোন সংযোগ-তাড়িত-বস্ত সংক্রামক দ্বারা স্বর্ণপত্রদ্বয়কে বিয়োগ-তাড়িতবস্ত করিতে পারা যায়।

* (১১৪) তাড়িত-প্রসবী যন্ত্র। তাড়িত-প্রসবী যন্ত্র দ্বারা সামান্য উপায়ে অনেক তাড়িত উৎপাদন করা যাইতে পারে। নানা প্রকারে ইহা প্রস্তুত করা যায়।

নিম্নস্থ প্রতিকৃতিতে, ধূনা, লাক্ষা ইত্যাদি গলাইয়া, এক টিনের থাল (ছ) পূর্ণ করা হইয়াছে। ধূনা, লাক্ষা ইত্যাদি জমিয়া পিষ্টকাকার হইয়াছে। এই পিষ্টক (প) অপেক্ষা ছোট এক পিত্তলের চাকতিতে (অ) কাচ কিম্বা লাক্ষার বাঁট লাগাইয়া পিষ্টকের উপর তাহা আচ্ছাদন-স্বরূপ রাখা হইয়াছে। ইহাই তাড়িত-প্রসবী যন্ত্র।

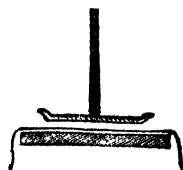
কি প্রকারে তাড়িত উৎপন্ন হয়, তাহা এক্ষণে বলিতেছি। কাচের কিম্বা লাক্ষার মুষ্টি ধরিয়া আচ্ছাদন উত্তোলন কর। পরে ফ্লানেল বা বিড়াল চর্ম্ম দ্বারা পিষ্টক কয়েকবার আঘাত করিয়া আচ্ছাদন তদুপরি রাখ। এক্ষণে অঙ্গুলি দ্বারা অগ্রে আচ্ছাদন স্পর্শ, পরে তাহা পিষ্টক হইতে কিঞ্চিৎ দূরে

উত্তোলন করিয়া আচ্ছাদনের নিকট তোমার হাত আন; বিস্ফুলিঙ্গ এবং কড়কড় শব্দসহ তোমার হাতে কিঞ্চিৎ বেদনা পাইবে। পিষ্টকের উপর আচ্ছাদন আবার বসাইয়া এবং অঙ্গুলি দ্বারা অগ্রে স্পর্শ করিয়া পরে আচ্ছাদন উত্তোলন কর; পুনর্ব্বার বিস্ফুলিঙ্গ ও কড়কড় শব্দসহ বেদনা পাইবে। এইরূপ ক্রমাগত করিলে ৫০। ৬০ বার পর্য্যন্ত তাড়িত পাওয়া যাইবে।

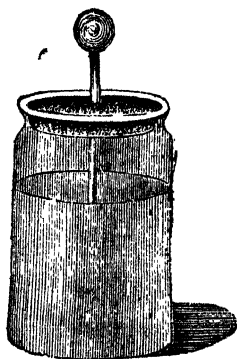
৭৪তি চিত্র।

ইহার ক্রিয়া বুঝা যাউক। লাক্ষা, ধূনা প্রভৃতির পিষ্টক ফ্লানেল কিম্বা বিড়াল চর্ম্ম দ্বারা আঘাত করাতে, পিষ্টকের উপরিভাগ বিয়োগ-তাড়িতবস্ত হইল। এজন্য তাহার উপর পিত্তলের আচ্ছাদন রাখাতে, সংক্রামণ-প্রণালীতে আচ্ছাদনের নিম্ন পৃষ্ঠে সংযোগ-তাড়িত আকৃষ্ট ও বদ্ধ হইল, এবং তাহার উপরের পৃষ্ঠে বিয়োগ-তাড়িত বিপ্রকৃষ্ট ও মুক্ত হইল।

এজন্য অঙ্গুলি দ্বারা আচ্ছাদন স্পর্শ করিবামাত্র, এই মুক্ত বিয়োগ-তাড়িত তদ্দ্বারা দূরীভূত হইল। সুতরাং আচ্ছাদনে কেবল সংযোগ-তাড়িত রহিল। তজ্জন্য তাহা উত্তোলন করিয়া হাতের নিকট আনাতে, বিস্ফুলিঙ্গ ও তাড়িতের অন্যান্য কার্য্য দেখা গেল। তাড়িত-দর্শক দ্বারা প্রত্যেকের তাড়িত স্থির করা যাইতে পারে। পিষ্টকের তাড়িত পরিচালিত হইয়া আচ্ছাদনকে তাড়িতবন্ত করে না। পিষ্টকের তাড়িত দ্বারা কেবল আচ্ছাদনে তাড়িত সংক্রামিত হয়; এজন্য পিষ্টক একবার ঘর্ষিত করিলে, তদ্দ্বারা আচ্ছাদন ৫০। ৬০ বার তাড়িতবন্ত হয়। বায়ুতে পিষ্টকের তাড়িত কিছুই নষ্ট না হইলে, তদ্দ্বারা আচ্ছাদনকে অসংখ্যবার তাড়িতবন্ত করা যাইতে পারিত।

আর এক প্রকারে তাড়িত-প্রসবী যন্ত্র প্রস্তুত করিবার প্রণালী দেওয়া যাইতেছে। কোন টেবিলের কিম্বা বিপর্য্যস্ত থালের উপর একখণ্ড রবরের চাদর কিম্বা ঈষৎ গরম কাগজ রাখ। ছোট পিত্তল কিম্বা টিনের রেকাবির তলায় এক লাক্ষার বাঁট সংলগ্ন কর। এক্ষণে ফ্লানেল, কিম্বা বিড়ালচর্ম্ম দ্বারা রবরের চাদর আঘাত করিয়া, লাক্ষার বাঁট দ্বারা রেকাবিখানি তাহার উপর রাখ (৭৫তি চিত্র)। রাখিয়াই তাহা অঙ্গুলি দ্বারা স্পর্শ করিয়া উত্তোলন কর; রেকাবি বিয়োগ-

৭৫তি চিত্র।

তাড়িতবস্তু হইবে। পুনর্ব্বার বসাইয়া এবং স্পর্শ করিয়া উত্তোলন কর, তাহা পুনর্ব্বার তাড়িতবস্তু দেখিবে। এইরূপ অনেকবার দেখা যাইবে।

* (১১৫) তাড়িত-সংহতি যন্ত্র। পার্শ্বস্থ চিত্রে একটি প্রশস্তমুখ বোতল দেখান হইয়াছে। গলার কিছু নিম্ন পর্য্যন্ত বোতলের অন্তর্দ্দেশ ও বহির্দ্দেশ রাঙ্গের পাত দ্বারা মণ্ডিত করা হইয়াছে। একটি পিত্তল তারের মস্তকে এক পিত্তল গেণ্ডু এবং নিম্নে এক পিত্তল শৃঙ্খল (চিত্রে দেখা যাইতেছে না) সংলগ্ন করিয়া ছিপির মধ্যে প্রোথিত করা হইয়াছে। ইহাই তাড়িত-সংহতি যন্ত্র। ইহা দ্বারা অল্প অল্প করিয়া অনেক তাড়িত সংগ্রহ করা যায়।

৭৬তি চিত্র

বাম হাতে বহির্দ্দেশের রাঙ্গ-আবরক ধরিয়া কোন লাক্ষা-দণ্ডকে প্রতিবার ঘর্ষণ করিয়া, সংহতি-বোতলের গেণ্ডু স্পর্শ কর। প্রতিবার অল্প অল্প করিয়া লাক্ষার তাড়িত গিয়া অন্তর্দ্দেশের রাঙ্গ-আবরকে সঞ্চিত হইবে। এইরূপ ১৪।১৫ বার করিয়া দক্ষিণ হস্ত দ্বারা অন্তর্দ্দেশের আবরক-সংস্পৃষ্ট গেণ্ডু স্পর্শ কর; হাতে সংক্ষোভ পাইবে, এবং তৎসঙ্গে বৃহত্তর বিস্ফুলিঙ্গসহ কড়কড় শব্দ শুনিবে।

এইরূপে, সংহতি-বোতলে প্রচুর তাড়িত সংগ্রহ করিয়া স্পর্শ করিলে বিলক্ষণ সংক্ষোভ পাওয়া যায়। ঘর্ষিত লাক্ষার পরিবর্ত্তে, তাড়িত-প্রসবী যন্ত্রদ্বারা সংহতি-বোতলে অনায়াসে তাড়িত সংগ্রহ করিতে পারা যায়।

(১১৬) মেঘগর্জ্জন ও বিদ্যুৎ। তাড়িতের ক্রিয়া-সকল চিন্তা করিলে সহজেই প্রতীয়মান হয় যে, বিদ্যুৎ, তাড়িতের অতিবৃহৎ বিস্ফুলিঙ্গ এবং মেঘগর্জ্জন, তাড়িতের কড়কড়-ধ্বনি ব্যতীত অন্য কিছু নহে।

বাস্তবিক দেখা যায় যে, বায়ুমণ্ডল ও মেঘসকল সর্ব্বদা তাড়িতবন্ত থাকে। ইহাদিগের তাড়িতের প্রকৃতি সর্ব্বদা এক থাকে না। এমন কি, নিকটবর্ত্তী দুইটি মেঘের তাড়িত একবিধ না হইয়া কখন কখনও দ্বিবিধ হইয়া থাকে। এরূপ ঘটিলে এবং উভয়ের তাড়িত বেশী হইলে, তাহারা মিলিত হয়। তাহাদিগের মিলন-কালে কড়কড়-গর্জ্জনসহ বিদ্যুৎরূপ বৃহৎ বিস্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন হয়।

কখন কখন কোন একবিধ তাড়িতবন্ত মেঘ পৃথিবীর নিকটবর্ত্তী হইলে, তাহার নিম্নস্থ ভূ-পৃষ্ঠকে সংক্রামণ-প্রণালীতে অন্যবিধ তাড়িতবন্ত করে। উভয় তাড়িত প্রচুর হইলে, তাহারা বজ্রধ্বনিসহ মিলিত হয়। ইহাকেই সাধারণতঃ লোকে বজ্রপাত বলে। বাস্তবিক, বজ্র কোন দ্রব্য-বিশেষ নহে। প্রচুর তাড়িতদ্বারা যেরূপ দ্রব্যসকল ভগ্ন ও ভস্মীভূত করা যায়, তদ্রূপ বজ্রপাত-সময়ে দুই তাড়িতের

মিলন-পথে যাহা কিছু থাকে, তাহা ভস্মীভূত ও বিভগ্ন হইয়া যায়।

(১১৭) বিদ্যুৎ-পরিচালক। অট্টালিকাদি উচ্চ স্থান মেঘের নিকটবর্ত্তী থাকাতে, বজ্রপাতে উহা বিনষ্ট হওয়ার অধিক সম্ভাবনা। এজন্য বজ্রপাত হইতে উহা রক্ষা করিবার জন্য উপায় অবলম্বন করা হইয়া থাকে।

দ্বিবিধ তাড়িতের মিলন-পথে কোন উপযুক্ত পরিচালক রাখিলে, তাহা তাড়িতদ্বয় পরিচালন করিয়া স্বয়ং কোন রূপ পরিবর্ত্তিত বা নষ্ট হয় না। এ নিমিত্ত অট্টালিকার পার্শ্বে, তাহার ছাদ অপেক্ষা উচ্চ, এক স্থূল লৌহ কিম্বা তাম্রদণ্ড কিম্বা তার-রজ্জু সংলগ্ন রাখা হয়। এই দণ্ডের নিম্নাগ্র ভূ-মধ্যে প্রোথিত এবং উচ্চাগ্র সূক্ষ্ম করা হয়। ইহাকে বিদ্যুৎ-পরিচালক বলে।

অগ্র সূক্ষ্ম করিবার বিশেষ তাৎপর্য্য আছে। তাড়িত-দর্শক তাড়িতবস্ত করিয়া তাহার নিকট সূক্ষ্ম সূচী ধরিলে তাড়িত-দর্শক হইতে দ্রুতবেগে সমস্ত তাড়িত সূচীকার অগ্র দিয়া শরীরে আসিয়া পৃথিবীতে চলিয়া যায়। এই রূপ, কোন তাড়িতবস্ত পরিচালকের নিকটে সূচী ধরিলে পরিচালক দ্রুতবেগে অতাড়িতবস্ত হয়। পরিচালকের কোন অংশ সূক্ষ্ম থাকিলে, উহা সূচীর ন্যায় পরিচালকের সমস্ত তাড়িত নিঃসারিত করে। এজন্য যাবতীয় তাড়িত-যন্ত্রের কোন অংশ সূক্ষ্ম বা ধূলিময় রাখা কর্ত্তব্য নহে।

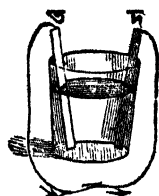
এইরূপ, মেঘের ও তাহার সন্নিহিত ভূ-ভাগের তাড়িতের পরিমাণ অধিক হইলে, উভয় তাড়িত অত্যুচ্চ বিদ্যুৎ-পরি-চালকের সূক্ষ্মাগ্র দিয়া পরস্পর মিলিত হয়। ঐ উভয় তাড়িত উচ্চ অট্টালিকা দিয়া মিলিত না হওয়াতে, অট্টালিকার কোন ক্ষতি হয় না।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ।

রাসায়নিক সংযোগজনিত তাড়িত।

(১১৮) রাসায়নিক সংযোগজনিত তাড়িত। প্রথম পরিচ্ছেদে ঘর্ষণদ্বারা তাড়িতোৎপত্তির বিষয় বিবৃত হইয়াছে। বস্তুসকলের কেবল পরস্পর ঘর্ষণেই যে তাড়িত উৎপন্ন হয়, তাহা নহে। তাড়িতোৎপত্তির বহুবিধ কারণ আছে। দুই বিভিন্ন পদার্থের রাসায়নিক সংযোগ হইলে যেমন তাপ ও আলোক (৭২ প্রক) উদ্ভূত হয়, তেমনই তাড়িতও সঞ্জাত হয়।

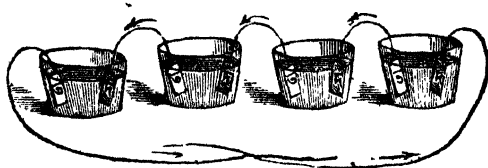
নিম্নস্থ প্রতিকৃতিতে এক কাচের গেলাস দেখান হইয়াছে। গেলাস অম্লাক্ত জলপূর্ণ করিয়া তাহাতে ত এক তাম্র-ফলক এবং দ এক বিশুদ্ধ দস্তা-ফলক নিমজ্জিত করা হইয়াছে।

দস্তা-ফলক বিশুদ্ধ হইলে এবং তাম্র ও দস্তা-ফলকদ্বয়ের সংস্পর্শ না ঘটিলে, এরূপ অবস্থায় নূতন কিছু দেখা যাইবে না।
কিন্তু দস্তা ও তাম্র-ফলক জলমধ্যে পৃথক্‌ভাবে রাখিয়া জলের বাহিরে একটির সহিত আর একটি সংস্পর্শিত কর; দস্তা-ফলক অম্লাক্ত জলের অম্লের সহিত রাসায়নিক সংযোগে সংযুক্ত হইবে। তখন জলমধ্যে জলজনক-গ্যাসের বুদ্‌বুদ্‌ বহুল পরিমাণে উত্থিত এবং দস্তা-ফলক অম্লাক্ত জলে ক্রমশঃ দ্রবীভূত হইবে। এই সকল ক্রিয়ার সঙ্গে তাড়িত-প্রবাহ উৎপন্ন হইবে। প্রবাহ-স্বরূপ পাওয়া যায় বলিয়া, এই তাড়িতকে প্রবাহি-তাড়িত বলা যাইতে পারে।

৭৭তি চিত্র।

সূক্ষ্ম ও উপযুক্ত তাড়িত-দর্শক দ্বারা দেখান যাইতে পারে যে, দস্তা-ফলক সংযোগ-তাড়িতবস্তু এবং তাম্র-ফলক বিয়োগ-তাড়িতবস্তু হয়। দস্তার সংযোগ-তাড়িত অম্লাক্ত জল দিয়া তাম্রে এবং তথা হইতে জলের বাহির পথে তার দিয়া পুনর্ব্বার দস্তায় উপনীত হয়।

দস্তা ও তাম্রের সংস্পর্শ জন্য ঐ দ্রব্যের সহিত ছোট ছোট তাম্র-তার সংলগ্ন করা হয়। দস্তা-ফলক-সংলগ্ন তারকে বিয়োগ-ধ্রুব এবং তাম্র-ফলক-সংলগ্ন তারকে সংযোগ-ধ্রুব বলে। দস্তা ও তাম্র সহ এরূপ এক পাত্রকে প্রবাহি-তাড়িত-কোষ বলে।

(১১৯) বাটারি। একটিমাত্র তাড়িত-কোষ দ্বারা নিতান্ত অল্প তাড়িত উৎপন্ন হয়। চারি পাঁচটি কোষ একত্র ব্যবহার করিলে তাড়িত-প্রবাহ প্রবল হয়। এইরূপ ৩০০।৪০০ শত কোষ ব্যবহার করিলে প্রবাহ অত্যন্ত প্রবল হয়।

নিম্নস্থ প্রতিকৃতিতে চারিটি কোষ অম্লাক্ত জলপূর্ণ করিয়া দেখান হইয়াছে। প্রত্যেক কোষে দ একটি দস্তা-ফলক এবং ত একটি তাম্র-ফলক আছে। প্রথম কোষের দস্তা দ্বিতীয় কোষের তাম্রের সহিত, দ্বিতীয় কোষের দস্তা তৃতীয় কোষের তাম্রের সহিত, তৃতীয় কোষের দস্তা চতুর্থ কোষের তাম্রের সহিত যোগ করা হইয়াছে। এক্ষণে প্রথম কোষের তাম্র-সংলগ্ন সংযোগ-ধ্রুবের সহিত চতুর্থ কোষের বিয়োগ-ধ্রুব মিলিত করিলে, তাড়িত-প্রবাহ উৎপন্ন হইবে। তাড়িত-

৭৮তি চিত্র।

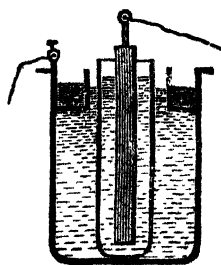
প্রবাহের দিক্ শরচিহ্ন দ্বারা দেখান হইয়াছে। এরূপ সজ্জিত তাড়িত-কোষ-শ্রেণীকে বাটারি বা প্রবাহি-তাড়িত-কোষাবলী বলে।

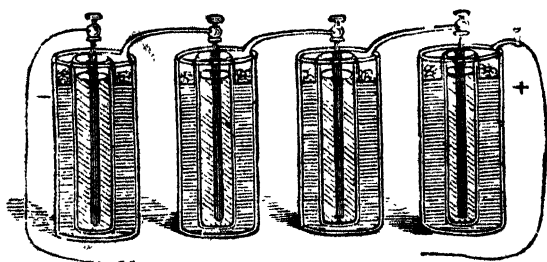
অনেক প্রকার বাটারি নির্ম্মিত হইয়াছে। অধিকাংশ বাটারিতে দুইটি ধাতুফলক এবং এক বা দুই প্রকার দ্রব্যের

জল ব্যবহার করা হয়। তাম্রের পরিবর্ত্তে অঙ্গারকের, প্লাটিনম্ নামক ধাতুর ও রৌপ্যের ফলক বা দণ্ড অনেক স্থলে ব্যবহৃত হয়।

(১২০) অবিরত বাটারি। পূর্ব্বোক্ত চতুষ্কোষ বাটারির ধ্রুবদ্বয় কিয়ৎক্ষণ সংযুক্ত অবস্থায় রাখিলে, তাড়িত-প্রবাহ ক্রমশঃ মৃদু হইয়া পড়ে। এজন্য দুই তিন ঘণ্টা বা বেশী কাল তাড়িত-প্রবাহ অবিরত একভাবে পাইবার জন্য নানাবিধ বাটারি ব্যবহৃত হয়। তন্মধ্যে তুঁতিয়া-বাটারি সহজে নির্ম্মিত ও কার্য্যোপযোগী করা যায় বলিয়া, তদ্বিষয়-মাত্র এখানে বলা যাইতেছে।

প্রথমতঃ, তুঁতিয়া-বাটারির একটি কোষের অংশসকল বলিতেছি। পার্শ্বের চিত্রে ইহার একটি কোষ দেখান হইয়াছে। একটি তাম্রপাত্র তুঁতিয়া-জল পূর্ণ করিয়া তন্মধ্যে এক মৃণ্ময়পাত্র নিমজ্জিত করা হইয়াছে। মৃণ্ময় পাত্র লবণ কিম্বা অম্ল মিশ্রিত জলপূর্ণ করিয়া, তাহাতে এক দস্তাদণ্ড নিমজ্জিত করা গিয়াছে। দস্তা ও তাম্র সংলগ্ন ধ্রুবদ্বয় মিলিত করিলে, তাড়িত-প্রবাহ উৎপন্ন হয়। এই প্রবাহ দস্তা হইতে লবণ-মিশ্রিত জল, মৃণ্ময় পাত্রের রন্ধ্র দিয়া তুঁতিয়া-জল, তথা হইতে তাম্র এবং তাম্র হইতে তৎসংলগ্ন তার দ্বারা

৭৯তি চিত্র।

দস্তায় উপনীত হয়। কয়েক ঘণ্টা ক্রমাগত তাড়িত-প্রবাহ চলিলে, লবণ কিম্বা অম্ল দস্তার সহিত সংযুক্ত হওয়াতে তাহা কমিয়া যায় এবং তুঁতিয়া-জলের তুঁতিয়া হইতে তাম্র বিচ্যুত হয়। এজন্য যন্ত্রে মধ্যে মধ্যে তুঁতিয়া এবং লবণ নিক্ষেপ না করিলে, তাড়িত-প্রবাহ অত্যন্ত মৃদু হইয়া পড়ে। এই অসুবিধা দূরীকরণার্থ তাম্রপাত্রের উপরিদেশে এক তাম্র পাত বাঁকাইয়া সংযুক্ত করা হয়। এই পাতের উপরে কঠিন তুঁতিয়া রাখিলে, তাহা তুঁতিয়া-জলে ক্রমশঃ দ্রব হইয়া জলকে পূর্ণমাত্রায় তুঁতিয়া-মিশ্রিত রাখে।

একটি তুঁতিয়া-কোষ অপেক্ষা তিন চারিটি কোষ একত্র সাজাইলে, তাড়িত-প্রবাহ অধিক পরিমাণে পাওয়া যায়। এরূপ দুই বা ততোধিক কোষ-শ্রেণীকে তুঁতিয়া-বাটারি বলে (৮০তি চিত্র)।

৮০তি চিত্র।

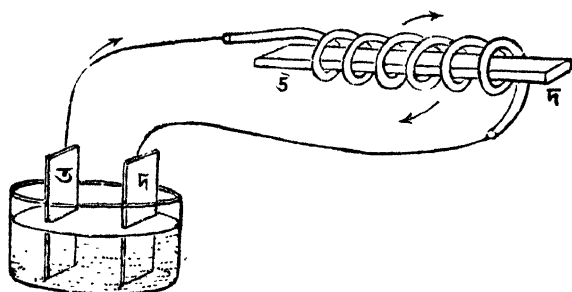
(১২১) প্রবাহি-তাড়িতের ক্রিয়া। যেমন তাপ, আলোক, ঘর্ষণজনিত-তাড়িত প্রভৃতির সত্ত্বা ও প্রকৃতি

তাহাদিগের ক্রিয়া দ্বারা উপলব্ধ করা যায়, তদ্রূপ প্রবাহি-তাড়িতের ক্রিয়া দ্বারা তাহা জানিতে হইবে। এখানে যে সকল ক্রিয়া উল্লেখ করা যাইতেছে, তাহা দস্তা ও তাম্রযুক্ত সামান্য বাটারি (৭৮তি চিত্র) দ্বারাও অল্পাধিক পরিমাণে উৎপন্ন হয়। তবে বিশেষ বিশেষ ক্রিয়া সম্যক্ দেখিতে হইলে তদুপযোগী বাটারি ব্যবহার করিলেই ভাল হয়।

(১) আলোকোৎপত্তি। বাটারির ধ্রুবদ্বয় মিলিত কর; ক্ষুদ্র বিস্ফুলিঙ্গ দেখা যাইবে। তারদ্বয়ের প্রান্তে দুইটি অঙ্গার সংলগ্ন করিয়া ঐ অঙ্গারদ্বয় মিলিত কর; বিস্ফুলিঙ্গ আরও স্পষ্ট হইবে। একটি উখার সহিত একটি ধ্রুব-তার সংলগ্ন করিয়া, অপর তারটি উখার উপর দিয়া লইয়া যাও, তারকাবৎ বড় বড় বিস্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন হইবে। বিস্তৃত স্থানসকল আলোকিত করিবার জন্য একশত দুইশত বড় বড় কোষ-যুক্ত বাটারিদ্বারা সচরাচর তাড়িতালোক উৎপাদন করা হয়।

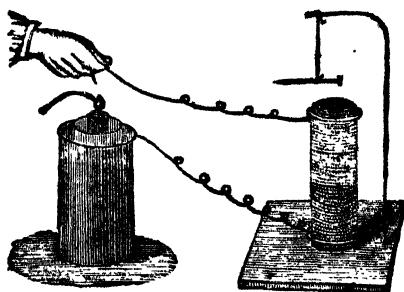
(২) তাপোৎপত্তি। ধ্রুব-তারদ্বয়ের সহিত সূক্ষ্ম লৌহ কিম্বা প্লাটিনম্ তার সংলগ্ন করিয়া একত্র মিলিত করিলে, লৌহ কিম্বা প্লাটিনম্ তার অত্যন্ত উত্তপ্ত হইয়া উঠে। এমন কি, বড় বাটারিদ্বারা ধাতুসকলকে মুহূর্ত্তমধ্যে দ্রবীভূত করিতে পারা যায়।

(৩) চুম্বকধর্ম্মের উৎপত্তি ও তাড়িতবার্ত্তাবহ যন্ত্র। কার্পাস কিম্বা রেশমী সূত্র জড়াইয়া তাম্র তারের পৃষ্ঠদেশ

তাড়িত-অপরিচালক করিয়া, একটি কাঁচা লৌহদণ্ডের চতুর্দ্দিকে কুণ্ডল কর (৮১তি চিত্র)। পরে বাটারির ধ্রুবতার-দ্বয়ের সহিত এই কুণ্ডলীকৃত তার সংযোজিত কর; কাঁচা লৌহ বিলক্ষণ ক্ষমতাশালী চুম্বকে পরিণত হইবে। এই চুম্বকের নিকট একটি প্রেক কিম্বা অপর কোন লৌহ ধর; প্রেকটি বেগে আকৃষ্ট হইবে। কিন্তু তারদ্বয় বিয়োজিত

৮১তি চিত্র।

কর; তৎক্ষণাৎ তার-জড়িত লৌহ চুম্বকত্বহীন হইবে, সুতরাং প্রেকটিও আর আকৃষ্ট হইবে না। তারদ্বয় আবার সংযোজিত কর; উক্ত লৌহ পুনর্ব্বার চুম্বকধর্ম্ম প্রাপ্ত হইবে। ধ্রুব-তারদ্বয় দীর্ঘ করিয়া বাটারিটি এক গৃহে এবং তার-জড়িত কাঁচা লৌহদণ্ড অপর গৃহে রাখিয়া, বাটারির ধ্রুব-তারদ্বয় মিলিত কর; দূরে থাকিয়াও তার-জড়িত কাঁচা লৌহ একটি চুম্বক হইবে। তাড়িত-প্রবাহ চালিত করিবা-

মাত্র কাঁচা লৌহ চুম্বকধর্ম্মবস্তু এবং বন্ধ করিবামাত্র তাহা চুম্বকত্বহীন হয়। তার-জড়িত এরূপ কাঁচা লৌহকে তাড়িত-চুম্বক বলে। কিন্তু কোন ইস্পাতে এইরূপে তার জড়াইয়া প্রবাহ চালিত করিলে, তাহা একটি চিরস্থায়ী চুম্বক হয়।

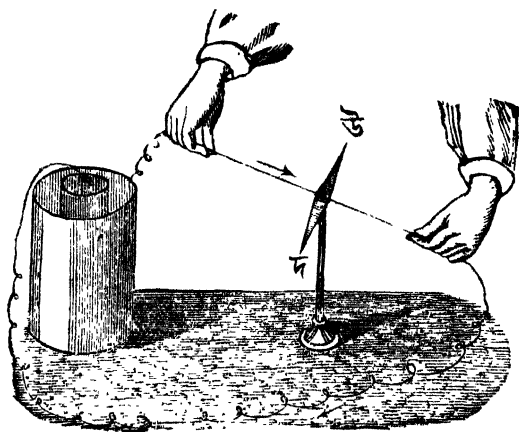
এইরূপ, দীর্ঘতার দ্বারা একস্থানে বাটারি ও ১০০০।২০০০ হাজার মাইল দূরবর্ত্তী কোন স্থানে এক তাড়িত-চুম্বক রাখিয়া, তাহাকে ইচ্ছামত চুম্বক করিতে পারা যায়। তাড়িত-

৮২তি চিত্র।

চুম্বকের নিকট একটি প্রেক কিম্বা অপর কাঁচা লৌহ রাখিয়া, উহাকে ইচ্ছামত আকৃষ্ট এজন্য সংযুক্ত এবং বিসংযুক্ত করিতে পারি (৮২তি চিত্র)। মনে কর, রাম কলিকাতায় থাকিয়া, দিল্লিতে শ্যাম কেমন আছে, জানিতে চাহে। এজন্য দিল্লিতে কিম্বা কলিকাতায় এক বাটারি রাখিয়া, তাহার দুইটি ধ্রুবের সহিত কলিকাতা হইতে

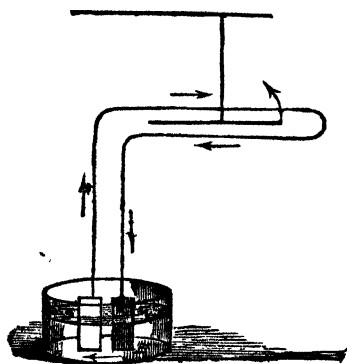
দিল্লি পর্য্যন্ত দীর্ঘ দুইটি তার সংযোজিত করা গেল। পরে দিল্লিতে স্থাপিত একটি তাড়িত-চুম্বকের তারের দুই প্রান্তের সহিত পূর্ব্বোক্ত দুইটি দীর্ঘ তারের প্রান্ত মিলিত করা হইল। পরে মনে কর, রাম ও শ্যামের এই সঙ্কেত করা আছে যে, তাড়িত-চুম্বক একবার চুম্বকত্ববন্ত হইয়া তাহার নিকটস্থ কাঁচা লোহের প্রেকটিকে একবার অল্পক্ষণ আকর্ষণ করিলে, 'ক' ধরা হইবে; থামিয়া থামিয়া দুইবার আকর্ষণ করিলে, 'খ' ধরা হইবে; এইরূপ আকর্ষণের সংখ্যা ও আকর্ষণের সময়-ভেদে বর্ণমালার সমস্ত বর্ণ ধরা হইবে। এক্ষণে, রাম ঐ সঙ্কেতানুসারে বাটারির তার সংযোজিত ও বিয়োজিত করিতে লাগিল; দিল্লিবাসী শ্যাম এই সকল অক্ষর-সূচক সঙ্কেতের অর্থ করিয়া, 'ক' 'খ' ইত্যাদি লিখিয়া রাম-প্রেরিত সংবাদ বুঝিতে পারিল। ইহাই তাড়িতবার্ত্তা-বহ বা দূরলিখন যন্ত্রের মূলতত্ত্ব।

(৪) চুম্বক-শলাকার দিক্‌-পরিবর্ত্তন। সূত্র দ্বারা লম্বমান কিম্বা সূচির অগ্রে স্থাপিত চুম্বক-শলাকার উপরে এবং তাহার সমান্তরালে বাটারির ধ্রুব-তারদ্বয় মিলিত করিয়া ধর (৮৩তি চিত্র)। শলাকা উত্তরদক্ষিণ দিকে না থাকিয়া পূর্ব্বপশ্চিমে বাঁকিয়া যাইবে। প্রবাহের দিক্‌ দক্ষিণ হইতে উত্তরে হইলে, চুম্বকের উত্তরমুখী ধ্রুব পশ্চিম দিকে এবং তাহা উত্তর হইতে দক্ষিণে হইলে, উত্তরমুখী ধ্রুব পূর্ব্ব দিকে হেলিবে। এইরূপ, চুম্বক-শলাকার

নিম্নে এবং তাহার সমান্তরালে বাটারির মিলিত তার ধরিলে, প্রবাহের দিক্ অনুসারে চুম্বকের উত্তরমুখী ধ্রুব

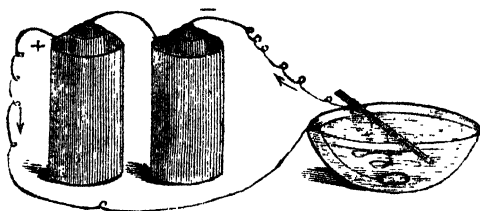
৮৩তি চিত্র।

পূর্ব্ব কিম্বা পশ্চিম দিকে বাঁকিয়া যাইবে। কোন্ দিকে প্রবাহ হইলে, শলাকার উত্তরমুখী ধ্রুব কোন্ দিকে হেলিবে, তাহা নিম্নলিখিত সঙ্কেতদ্বারা অনায়াসে মনে রাখিতে পারা যায়। সঙ্কেতটি এই,—মনে কর, তুমি চুম্বকের দিকে চক্ষু রাখিয়া প্রবাহের গতির দিকে প্রবাহে ভাসিতেছ, তাহাতে যে দিক্ তোমার বাম হইবে, সেই দিকে চুম্বক-শলাকার উত্তরমুখী ধ্রুব বাঁকিয়া যাইবে।

চুম্বকের এইরূপ দিক্-পরিবর্ত্তন অবলম্বনে দূরস্থিত ব্যক্তির সহিত কথোপকথনের সঙ্কেত অনায়াসে প্রস্তুত করা

যাইতে পারে। এতদ্ভিন্ন, ঘর্ষণজনিত তাড়িতের অস্তিত্ব এবং মোটামুটি তাহার পরিমাণ, যেমন স্বর্ণপত্র তাড়িত-দর্শক দ্বারা জানিতে পারা যায়, তদ্রূপ চুম্বকের দিক্-পরিবর্ত্তন ও পরিবর্ত্তনের মাত্রা দেখিয়া এক লম্বমান চুম্বক-শলাকাকে প্রবাহি-তাড়িত-দর্শক ও তাড়িতমান যন্ত্ররূপে ব্যবহার করিতে পারা যায় (৮৪তি চিত্র)।

৮৪তি চিত্র।

(৫) পিত্তলাদি দ্রব্য রৌপ্যল ও স্বর্ণল করণ (গিল্টি করা)। একটা কাচ কিম্বা মৃণ্ময় পাত্রে কিঞ্চিৎ তুঁতিয়া-জল রাখিয়া তাহাতে ধ্রুব-তারদ্বয় কিঞ্চিৎ নিমজ্জিত কর; দেখ যে, বিয়োগ-ধ্রুব তাম্রমণ্ডিত এবং সংযোগ-ধ্রুব ক্ষয়িত হইতেছে। বিয়োগ-ধ্রুব-তারে একখণ্ড পরিষ্কৃত লৌহ সংলগ্ন করিয়া, লৌহখণ্ড ও সংযোগ-ধ্রুব পূর্ব্বের

ন্যায় তুঁতিয়া-জলে নিমজ্জিত কর; দেখ যে, লৌহখণ্ড তাম্রমণ্ডিত বা তাম্রল এবং অপর ধ্রুব ক্ষয়িত হইতেছে।

এইরূপে, পিত্তল দ্রব্যসকল রৌপ্যল এবং স্বর্ণল (গিল্টি) করা হয়। কোন পিত্তল দ্রব্য রৌপ্যল করিতে হইলে,

৮৫তি চিত্র।

দ্রাবক-সাহায্যে রৌপ্যের জল প্রস্তুত করিতে হয়। পরে বিয়োগ-ধ্রুবে পিত্তল দ্রব্য এবং সংযোগ-ধ্রুবে একখণ্ড রৌপ্য সংলগ্ন করিয়া, উভয় দ্রব্যকে রৌপ্যজলে নিমজ্জিত করিতে হয় (৮৫তি চিত্র)। তাহাতে তাড়িত প্রবাহদ্বারা রৌপ্য-জলের রৌপ্য অন্যান্য পদার্থ হইতে পৃথক্ হইয়া দ্রব্যের উপরে মণ্ডিত হয়। এইরূপে পিত্তলাদি দ্রব্য স্বর্ণল বা গিল্টি করা হয়। এস্থলে স্বর্ণের জলে দ্রব্যটি এবং একখণ্ড স্বর্ণ পূর্ব্বের ন্যায় নিমজ্জিত করা আবশ্যক।

সম্পূর্ণ

প্রশ্ন।

জড়ের বিবরণ।

১। মৌলিক ও যৌগিক পদার্থ কাহাকে বলে ?

২। অণু ও পরমাণুর মধ্যে প্রভেদ কি ?

৩। পদার্থের ত্রিবিধ অবস্থার নাম কর। ঐ ত্রিবিধ অবস্থার মধ্যে কোন্ কোন্ বিষয়ে সাদৃশ্য এবং কোন্ কোন্ বিষয়ে বৈসাদৃশ্য আছে ?

৪। একটি বাক্স দৈর্ঘ্যে ১৬ ইঞ্চ, প্রস্থে ১০ ইঞ্চ ও উচ্চতায় ৫ ইঞ্চ। ঐ বাক্সের ঘন আয়তন কত ?

৫। এক জলপূর্ণ ঘটীতে হাত ডুবাইলাম। কিয়দংশ জল পড়িয়া গেল। জল কেন পড়িল ও কতখানি পড়িল ?

৬। প্রায় যাবতীয় পদার্থ শীতে সঙ্কুচিত হয়। এই ঘটনা হইতে জড়ের কোন্ গুণটি জানা যায় ?

৭। কঠিন পদার্থের সান্তরতা প্রমাণ কর। একটি সরু-মুখ বোতল জলপূর্ণ করিয়া, উহাতে ধীরে ধীরে লবণ-চুর্ণ প্রক্ষেপ করিতে লাগিলাম। এইরূপে অনেকখানি লবণ জলে প্রক্ষেপ করাতেও বোতলের জল উচ্ছ্বসিত হইয়া পড়িল না। ইহার কারণ কি ? ইহা যে জড়ের স্থানাবরোধকতা গুণের ব্যতিক্রম নহে, বুঝাইয়া দাও।

৮। পদার্থের জড়ত্ব-গুণ কাহাকে বলে ? জড়ত্বের দৃষ্টান্ত দাও।

৯। বল কাহাকে কহে ? বলদ্বারা কি উৎপন্ন হয়,—গতি না বেগ ?

১০। এক ব্যক্তি এক ভাবে চলিয়া ২।০ ঘণ্টায় ৮ মাইল গেল। অপর এক ব্যক্তি ১ ঘণ্টায় ৪ মাইল গেল। উহাদের মধ্যে কে দ্রুত চলে ?

১১। বৃক্ষ হইতে ফল পড়িবার কারণ কি ? কোন নিম্ন স্থান হইতে উচ্চ স্থানে উঠিলে কষ্ট বোধ করি কেন ?

১২। পদার্থের ভার-কেন্দ্র কাহাকে বলে? প্রত্যেক বস্তুরই কি ভার-কেন্দ্র আছে? একখানি তক্তার ভার কেন্দ্র কিরূপে নির্ণয় করিবে?

১৩। কড়ির উপর কত ভারি ছাদ থাকে, অথচ কড়ি ভাঙ্গে না। ইহার কারণ কি? (২৪ প্রক)।

১৪। তরল পদার্থের সংহতিবল আছে, প্রমাণ কর।

তরল পদার্থ।

১। এক গাড়ু জল একটা ঘটীতে ঢালা গেল। জলের কোন্ কোন্ বিষয়ে পরিবর্ত্তন ঘটিল?

২। চাপ-সঞ্চালকতা সম্বন্ধে কঠিন ও তরল পদার্থে প্রভেদ কি?

৩। তরল পদার্থের উর্দ্ধচাপ, অধশ্চাপ ও পার্শ্বচাপ পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর।

৪। ভাঙ্গা নৌকার ছিদ্র দিয়া নৌকায় জল উঠে। জল প্রবেশ করিবার কারণ কি? (১৯ প্রক)। মনে কর, ঐ ছিদ্রে একটি সরু নল লাগাইয়া দিলাম। নল দিয়া জল কত উচ্চে উঠিবে? (২৫ প্রক)।

৫। পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব কাহাকে বলে? শর্ষপ তৈলের আপেক্ষিক গুরুত্ব ০.৯১, ইহার অর্থ কি?

৬। একখণ্ড খাঁটি স্বর্ণ বায়ুতে ওজন করাতে ৫৮ রতি ও জলে ওজন করাতে ৫৪ রতি হইল। ঐ স্বর্ণের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত?

৭। এক স্বর্ণকারককে অলঙ্কার প্রস্তুত করিতে কতকখানি খাঁটি স্বর্ণ দেওয়া গেল। অলঙ্কার প্রস্তুত হইলে পর, বায়ুতে ওজন করাতে উহা ১৮ মাষা এবং জলে ওজন করাতে ১৭ মাষা হইল। স্বর্ণকার কি খাঁটি সোণা দিয়াছে?

বায়বীয় পদার্থ।

১। তরল ও বায়বীয় পদার্থের মধ্যে বিশেষ প্রভেদ কি?

২। বায়ুর অসীম প্রসারণ ক্ষমতাবশতঃ উহা পৃথিবী হইতে এতদিন চলিয়া যায় নাই কেন? (১৭ প্রক)।

৩। কোন্ পদার্থটি সর্ব্বাপেক্ষা হাল্কা?

৪। একটি চাবির ছিদ্র মুখে দিয়া বায়ু চুষিয়া লইয়া ঠোঁটে লাগাইলাম। চাবিটি উহাতে সংলগ্ন থাকিয়া ঝুলিতে লাগিল। কেন পড়িয়া গেল না? (৩৮ প্রক)।

৫। একটি জলপূর্ণ হুঁকার মুখ অঙ্গুলি দ্বারা বন্ধ করিয়া উল্টাইয়া ধরিলাম। নল দিয়া জল পড়িল না কেন?

৬। গৃহের মধ্যের বায়ুর চাপ বাহিরের বায়ুর চাপের ঠিক সমান হইবার কারণ কি? (৩৮ প্রক)।

৭। বায়ুমান যন্ত্র বর্ণনা কর। ইহাদ্বারা কি কি উপকার সাধিত হয়?

৮। বায়ুমান যন্ত্রে পারদের উচ্চতা সচরাচর কত থাকে?

৯। তোমাকে পেঁপের একটি নল দেওয়া গেল। কি প্রকারে উহা বক্রনালীরূপে ব্যবহার করিবে?

১০। বায়ু-নিষ্কাশন যন্ত্রের অর্গল, চোঙ্গ ও কবাট কাহাকে বলে? বায়ু-নিষ্কাশন যন্ত্রের অভ্যন্তর চিত্রিত করিয়া দেখাও, এবং উহার কার্য্য-প্রণালী বুঝাইয়া দাও।

১১। জল-তোলা চুষীকলের ও দমকলের নির্ম্মাণ ও ব্যবহার বিষয়ে প্রভেদ কি?

১২। নদীর পার্শ্বে মাঠ আছে। মাঠ হইতে নদীর জল ৩০ হাত নীচে। কোন্ কলদ্বারা মাঠে জল তোলা যাইতে পারিবে?

১৩। একটি পিচ্‌কিরির মুখ জলে নিমজ্জিত করিয়া অর্গল টানিয়া লইলাম। পিচ্‌কিরির চোঙ্গ জলপূর্ণ হইল। ইহার কারণ স্পষ্ট বুঝাইয়া দাও।

১৪। বায়ুতে এক মণ তুলা ওজন করা গেল। মনে কর, ঐ তুলার

ঘন আয়তন ৬ ঘনফুট। এক ঘনফুট বায়ুর ভার প্রায় তিন তোলা; বল দেখি ঐ এক মণ তুলার যথার্থ ভার কত?

শব্দ।

১। কোন বস্তু স্বস্থানচ্যুত না হইয়াও গতি-বিশিষ্ট হইতে পারে, এমন দুইটি দৃষ্টান্ত দাও।

২। যখন ঢাকে কাটি পড়ে, তখন কি আঘাত-প্রাপ্ত বায়ুর কণিকা সকল কর্ণে আসিয়া উপস্থিত হওয়াতে আমরা ঢাকের বাদ্য শুনি?

৩। এক স্থানের শব্দ অন্যস্থানে যাইতে সময় লাগে, তাহার প্রমাণ দাও।

৪। বিদ্যুৎ চমকিত হইবার ৯॥০ সেকেণ্ড পরে মেঘ-গর্জ্জন শুনা গেল। মেঘ কতদূরে আছে, বল।

৫। জলে শব্দ পরিচালিত হয়, তাহার প্রমাণ দাও?

৬। প্রতিধ্বনি কাহাকে বলে? উহার উৎপত্তির কারণ কি?

আলোক।

১। আলোকের কয়েকটি উৎপত্তি-স্থলের নাম কর।

২। আলোকের বেগ কত? যদি হঠাৎ সূর্য্য নির্ব্বাপিত হইয়া যায়, তাহা হইলে কতক্ষণ পরে আমরা তাহা জানিতে পারিব?

৩। আলোক কি কোন জড়-পদার্থ? সূর্য্য হইতে আলোক-কণিকা বিক্ষিপ্ত হওয়াতে কি আমরা সূর্য্য দেখিতে পাই?

৪। স্ব-প্রকাশ, পর-প্রকাশ, স্বচ্ছ ও অনচ্ছ পদার্থ কাহাকে বলে? প্রত্যেকটির উদাহরণ দাও।

৫। প্রদীপের সম্মুখে পেন্‌সিল ধরিয়া তাহার ছায়া এক কাগজে পাতিত করিলাম। ছায়ার মধ্যভাগ বড় ঘন, কিন্তু দুই পার্শ্ব পাতলা দেখিলাম। ঐ দুই ছায়ার নাম কি এবং উহাদিগের উৎপত্তির কারণ কি?

৬। একই প্রদীপের ১ হাত দূরে একজন এবং ৪ হাত দূরে আর একজন পুস্তক পড়িতেছে; দ্বিতীয় ব্যক্তির পুস্তকে পতিত আলোকের প্রাখর্য্য প্রথম ব্যক্তির পুস্তকে পতিত আলোকের প্রাখর্য্যের কত খানি?

৭। রবরের বল লইয়া দেওয়ালে মারিলাম, তাহা বিপরীত দিকে প্রতিক্ষিপ্ত হইল। এরূপ প্রতিক্ষিপ্ত হওনের নাম কি?

৮। আলোক-পরাবর্ত্তনের নিয়ম দুইটি বল।

৯। দর্পণের নিকট 'দ,' 'ম,' 'ন,' 'এ,' অক্ষরগুলি ধরিলে, উহাদিগের কি প্রকার প্রতিরূপ উৎপন্ন হইবে?

১০। গেলাস জলপূর্ণ করিলে, গেলাসের গভীরতা কম দেখায় কেন?

১১। ত্রিপার্শ্ব কাচ দিয়া আলোক-কিরণ যাইলে, তাহা কোন্ দিকে বক্রীভূত হয়?

১২। রাম তাহার বৃদ্ধ পিতার চসমার এক খানি কাচ লইয়া সূর্য্য-কিরণে ধরাতে, কিয়দ্দূরে এক বিন্দুতে আলোক একত্রিত হইল। ঐ বিন্দুতে একটি পোড়ান সোলা ধরাতে, সোলাটি জ্বলিয়া উঠিল। ঐ বিন্দুটির নাম কি এবং কোথা হইতেই বা আগুন আসিল? ঐ কাচের কৈন্দ্রিক দূরতা কিরূপে পরিমাণ করিবে? (৬৬ প্রক)।

১৩। কয়খানি দৃষ্টি-কাচ লইয়া অনুবীক্ষণ ও দূরবীক্ষণ যন্ত্র প্রস্তুত করা যাইতে পারে?

১৪। ঝাড়ের একটি কলম লইয়া সূর্য্যকিরণে ধরাতে, কতকগুলি বিচিত্র বর্ণ দেখা গেল। ঐ সকল বর্ণের কিরণ কোথা হইতে আসিল? উহাদিগের পর্য্যায়ক্রমে নাম কর।

১৫। আলোক ও শব্দের মধ্যে কোন্ কোন্ বিষয়ে সাদৃশ্য এবং কোন্ কোন্ বিষয়ে বৈসাদৃশ্য আছে?

১৬। আয়নার কাচ কত মোটা, তাহা স্থির করিবার কোন উপায় জান?

১৭। যষ্টি জলে নিমজ্জিত করিলে, বক্র দেখায়। চিত্র অঙ্কিত করিয়া উহার বক্রতা দেখাও।

১৮। একটি অন্ধকার গৃহে সূর্য্যালোক প্রবেশিত করিলাম। আলোকের প্রবেশ-পথে একখানি নীলবর্ণের কাচ ধরিলাম। ঘরে কোন্ বর্ণের আলোক দেখা যাইবে? ঐ আলোকে একটা শাদা কাগজ ধরিলাম। কাগজের বর্ণের কোন বৈলক্ষণ্য ঘটিবে কি?

তাপ।

১। তাপের কয়েকটি উৎপত্তি-স্থলের নাম কর।

২। তাপ যে কোন জড়-পদার্থ নহে, তাহার একটি প্রমাণ দাও। লৌহ উত্তপ্ত হইবার সময়, উহা হইতে তাপ ব্যতীত অন্য কিছু পাওয়া যায় কি?

৩। তাপে দ্রব্যাদির আয়তনের হ্রাস হয়, না বৃদ্ধি হয়?

৪। স্পর্শ করিয়াই ত সমুদায় দ্রব্যের উষ্ণতা অনুভব করিতে পারা যায়। তাপমান-যন্ত্রের প্রয়োজন কি?

৫। তাপের কোন্ ক্রিয়ার অবলম্বনে দ্রব্যাদির উষ্ণতা পরিমাপক যন্ত্র নির্ম্মিত হয়?

৬। নির্ব্বাত স্থানে একটি জ্বলন্ত অঙ্গার ও একটি ঘড়ি রাখিলাম। শব্দ, আলোক, তাপ, এই তিনটির মধ্যে কোন্ কোন্‌টি ইন্দ্রিয়-গোচর হইবে?

৭। কঠিন পদার্থ উত্তপ্ত হইলে, তাহার আয়তনের বৃদ্ধি হয়। এই নিয়মের কোন ব্যতিক্রম জান কি?

৮। একটি গেলাসের ঘন আয়তন ২২ ঘন ইঞ্চ। ঐ গেলাস জলে পূর্ণ করিয়া, জল জমাইয়া বরফ করিলে, কতখানি বরফ পাওয়া যাইবে?

৯। শতাংশিক তাপমান-যন্ত্র কোন পদার্থে রাখাতে, উহার পারদ ০° তাপাংশের নিম্নে ৫ অঙ্কে আসিয়া স্থির হইল। ঐ দ্রব্যের উষ্ণতা কিরূপে লিখিয়া জানাইবে?

১০। একটি বাটি কঠিন ঘৃত অগ্নি-প্রয়োগে গলাইলে, সেই বাটিতে সমস্ত ধরিবে, না কিয়দংশ পড়িয়া যাইবে ?

১১। জলীয় বাষ্প দৃষ্টি-গোচর হয় কি ? ভাতের হাঁড়ি হইতে শাদা কুয়াসার মত উঠিতে দেখা যায়। উহা কি জলীয় বাষ্প ?

১২। একটা বাটিতে তারপিন তৈল রাখা গিয়াছিল। কয়েক দিবস পরে বাটিতে একটুকুও তারপিন দেখা গেল না। উহা কি অবস্থায়, কোথায় চলিয়া গেল ?

১৩। পর্ব্বতের তলদেশ অপেক্ষা পর্ব্বতের উপরে বায়ুর চাপ কম। সেখানে জল ফুটাইতে পর্ব্বতের তলদেশের অপেক্ষা বেশী কি কম তাপ লাগিবে ?

১৪। বাঁশ পোড়াইতে গেলে অনেক সময় উহা খুব শব্দ করিয়া ফাটিয়া যায়। ইহার কারণ কি ? (৭৭ প্রক)।

১৫। এক সের জল ফুটাইতে যে তাপ লাগিবে, ততখানি তাপে কি দুই সের জল ফুটাইতে পারা যায় ?

১৬। গ্রীষ্মকালে জল শীতল করিবার জন্য পিত্তলকলসে জল না রাখিয়া মৃত্তিকার কলসে রাখা হয়। আবার, অনেকে মৃণ্ময় কলসের গাত্রে আর্দ্র বস্ত্র জড়াইয়া দেয় ; ইহাতে জল আরও বেশী শীতল হয়। এই সকলের কারণ কি ?

১৭। চিনির সরবৎ জল অপেক্ষা কিঞ্চিৎ শীতল হইবার কারণ কি ?

১৮। এক সের জল ও এক সের ঘৃত একই প্রকার পাত্রে রাখিয়া একই প্রকার অগ্নির উপর রাখা গেল। কোন্‌টি শীঘ্র গরম হইবে ? এরূপ অগ্র পশ্চাৎ গরম হইবার কারণ কি ? (৮৮ প্রক)।

১৯। গ্রীষ্মকালে পাকা ইঁটের বাড়ী অপেক্ষা খ'ড়ো কাঁচা ঘর শীতল বোধ হয়। ইহার কারণ কি ?

২০। অনেকে কম্বল, বনাত প্রভৃতিকে গরম কাপড় বলে। বাস্ত-

বিক ঐ সকল বস্ত্র কি উষ্ণ? শিলা কত ঠাণ্ডা দ্রব্য, কিন্তু উহা কম্বল জড়াইয়া রাখিলে শীঘ্র দ্রব হয় না; ইহার অর্থ কি?

২১। ঝড় হইবার কারণ কি? পরিবাহন-ক্রিয়া না থাকিলে গৃহ-মধ্যে কয়েক ঘণ্টা থাকা অসম্ভব হইত। ইহার কারণ বুঝাইয়া দাও।

২২। ঘাসে শিশির পড়ে, কিন্তু বৃক্ষের তলের ঘাসে আদৌ পতিত হয় না। ইহার অর্থ কি?

২৩। একখানি আয়না সূর্য্য-কিরণে ধরা গেল। আলোক ব্যতীত আর কি পরাবর্ত্তিত হইল?

২৪। পুরাতন কজ্জললিপ্ত হাঁড়ি অপেক্ষা নূতন হাঁড়িতে জল গরম করিতে কিছু বেশী সময় লাগিবার কারণ কি?

২৫। গ্রীষ্মকালে ঘর ধুইয়া কিম্বা ঘরে জল ছিটাইয়া দিলে ঘর ঠাণ্ডা বোধ হয়। ইহার কারণ কি? (৮৬ প্রক)।

২৬। গ্রীষ্মকালে শাদা কাপড়ের, না কাল কাপড়ের, ছাতা ব্যবহার করা ভাল?

চুম্বক-ধর্ম্ম।

১। পৃথিবী পতনশীল প্রস্তরকে আকর্ষণ করে; চুম্বক লৌহ আকর্ষণ করে। এই উভয় আকর্ষণের মধ্যে কোন্ কোন্ বিষয়ে সাদৃশ্য এবং কোন্ কোন্ বিষয়ে বৈসাদৃশ্য আছে?

২। চুম্বকের ধর্ম্ম চুম্বকের কোন্ স্থানে বেশী ও কোন্ স্থানে কম?

৩। একটি চুম্বক-শলাকা সোলাতে বিদ্ধ করিয়া জলে ভাসাইয়া দিলাম। উহা কোন্ দিকে অবস্থিতি করিবে? উহার একটি মুখের নিকট একটা প্রেক ধরিলাম। চুম্বক-শলাকার অবস্থান বিচলিত হইবে কি?

৪। উহার নিকট সোলাতে বিদ্ধ আর একটি চুম্বক-শলাকা ভাসাইয়া দেওয়া গেল। উহাদিগের অবস্থানের কিরূপ পরিবর্ত্তন ঘটিবে?

৫। কর্ম্মকারের একটি পুরাতন উখার (রেতি) মধ্যস্থানে সূত্র বাঁধিয়া

ঝুলাইয়া দিলাম। উহা উত্তর দক্ষিণ দিকে থাকিয়া ঝুলিতে লাগিল। ইহার কারণ কি?

৬। ঐ উখার এক মুখে একটি সূচীকা কয়েক বার ঘষিয়া, ঐ সূচীকার মধ্যস্থলে সূত্র বাঁধিয়া ঝুলাইলাম। উত্তর দক্ষিণ দিকে উহার অবস্থিতি করিবার কারণ কি?

৭। একটা চাবি এক চুম্বকের কোন ধ্রুবে ধরিলাম। চাবিটি ঝুলিতে লাগিল। ঐ চাবির নীচে আর একটি চাবি ধরিলাম। উহাও ঝুলিতে লাগিল। এই ঘটনাটি বুঝাইয়া দাও।

ঘর্ষণজনিত-তাড়িত।

১। এমন দুইটি পরীক্ষা বর্ণনা কর, যদ্দারা দুই প্রকৃতির তাড়িতের অস্তিত্ব প্রমাণিত হইবে।

২। খানিকটা রেশমী ফিতা রৌদ্রে গরম করিয়া দুই ভাঁজ করিলাম। পরে ঐ ভাঁজের মধ্যে একটি অঙ্গুলি দিয়া ফিতাটা হঠাৎ টানিয়া লইলাম। এরূপ করাতে ফিতার ভাঁজ ফাঁক হইয়া পড়িল। ইহার কারণ কি? (১০৪ প্রক)।

৩। বর্ষা ঋতুতে এবং হেমন্ত ঋতুর প্রাতঃকালে ঘর্ষণদ্বারা দ্রব্যাদি তাড়িতবস্ত করা কঠিন কেন?

৪। চৌম্বকধর্ম্ম ও তাড়িত, উভয়ের মধ্যে আকর্ষণ ও বিপ্রকর্ষণ সম্বন্ধে প্রভেদ কি?

৫। রবরের চিরুণী দ্বারা শুষ্ক চুল ফুটাইয়া চিরুণীখানি কাগজ-টুক্‌রার নিকট ধরাতে কাগজ-টুক্‌রাটি উহা দ্বারা আকৃষ্ট হইল। ইহার কারণ বুঝাইয়া দাও। (১০৩ প্রক)।

৬। চিরুণীর মধ্য-স্থলে সূত্র বাঁধিলাম। পরে শুষ্ক চুল ফুটাইয়া উহা ঝুলাইলাম। উহার নিকট একটি লাক্ষাদণ্ড চুলে ঘষিয়া ধরিলাম। চিরুণীখানি দূরে সরিয়া গেল। ইহার অর্থ কি?

৭। একখানি পরিষ্কৃত পরকলা রৌদ্রে গরম করিয়া তাহার পৃষ্ঠদেশ রেশমী বস্ত্রে ঘর্ষণ করিলাম। পরে ঐ পৃষ্ঠদেশের নিকট একখানি কাগজ আনাতে, কাগজখানি আকৃষ্ট হইল। এরূপ হইবার কারণ কি?

৮। এক টুক্‌রা খড় লম্বা চুলে বাঁধিয়া ঝুলাইলাম। পরে একটি লাক্ষা কম্বলে ঘষিয়া তাহার নিকট ধরাতে দেখা গেল যে, খড়ের টুক্‌রাটি লাক্ষা স্পর্শ করিয়াই বিপ্রকৃষ্ট হইল। এই ঘটনাটি বুঝাইয়া দাও।

৯। একটি সামান্য তাড়িত-দর্শক বর্ণনা কর।

১০। তাড়িত-সংক্রামণ কাহাকে বলে? দুইটি হংসডিম্ব দুইটি লাক্ষা-দণ্ডে আঁটিয়া, হংসডিম্ব দুইটি পরস্পরের সংস্পর্শে রাখা গেল। পরে ঐ ডিম্ব দুইটীর মধ্যে কোন একটির নিকটে একটি কম্বলে ঘর্ষিত লাক্ষা ধরিলাম। ঐ ডিম্বদ্বয় তাড়িতবস্ত হইল কি?

১১। ঘর্ষিত লাক্ষা নিকটে ধরিয়া দুইটি ডিম্ব পৃথক্ করা গেল। ঐ দুইটি ডিম্বের কোন্‌টিতে কোন্ তাড়িত দেখা যাইবে?

১২। একটি ডিম্ব লাক্ষাদণ্ডে আঁটিয়া বসান হইল। পরে কম্বলে ঘর্ষিত লাক্ষাদণ্ড উহার নিকটে ধরিয়া ডিম্বকে অঙ্গুলিদ্বারা স্পর্শ করিয়াই লাক্ষা-দণ্ড সরান গেল। ডিম্বে সংযোগ-তাড়িত দেখা গেল। ইহার কারণ কি? (১১১ প্রক)।

১৩। কি প্রকারে সামান্য উপকরণে তাড়িত-প্রসবী যন্ত্র প্রস্তুত করিবে?

১৪। তাড়িত-সংহতি যন্ত্র কিরূপে নির্ম্মিত এবং কিরূপে কি জন্য ব্যবহৃত হয়?

১৫। বিদ্যুৎ কি প্রকারে উৎপন্ন হয়?

১৬। বজ্রপাত হইতে গৃহাদি কি প্রকারে রক্ষা করা হয়? বজ্র-পাতের সময় বৃক্ষ তলে থাকা বিধেয় কি?

প্রবাহি-তাড়িত।

১। ঘর্ষণ-জনিত তাড়িত ও প্রবাহি-তাড়িত, এই দুয়ের মধ্যে

উৎপত্তি-সম্বন্ধে প্রভেদ কি ?

২। একটি দস্তার সরু পাত একটি তাম্রের সরু পাতে, ঝালা গেল। একটি জীবিত মাগুর কিম্বা কই মৎস্যের মস্তক কাটিয়া, কর্ত্তিত স্থানে ঐ দস্তার এক প্রান্ত লাগাইয়া, তাম্রের প্রান্তটি মৎস্যের লেজের দিকে সংযোগ করিবামাত্র মৃত মৎস্য স্পন্দিত হইল। এরূপ ব্যাপারের কারণ কি ? (১১৮ প্রক)।

৩। রূপার সিকি কি দুয়ানি জিহ্বার তলে রাখিলে কোন বিশেষ আস্বাদন পাওয়া যায় না। সেইরূপ, কোন নূতন লৌহ-পেন (যাহাকে নিব্ বলে) জিহ্বার উপরে রাখিলে, কোন বিশেষ আস্বাদন পাওয়া যায় না। কিন্তু ঐরূপ ভাবে রাখিয়া যদি জিহ্বার অগ্রভাগের দিকে উভয়ের সংস্পর্শ ঘটাও, অবিলম্বে লৌহ-পেন হইতে তীব্র আস্বাদন পাওয়া যায়। ইহার কারণ কি ? (১১৮ প্রক)।

৪। প্রবাহি-তাড়িত কি যন্ত্র দ্বারা উৎপাদন করা যায় ?

৫। অবিরত বাটারি কাহাকে বলে ? তুঁতিয়া বাটারির একটি কোষ প্রস্তুত করিতে কি কি দ্রব্য চাই ?

৬। তাড়িত-বার্ত্তাবহ যন্ত্রদ্বারা কি প্রকার এক স্থানের সংবাদ অন্যত্র প্রেরিত হয় ?

৭। তাড়িত দ্বারা কিরূপে চুম্বক প্রস্তুত করা যায় ?

৮। কাঁচা লৌহ ও ইস্পাতের মধ্যে কোন্‌টিকে চিরস্থায়ী চুম্বক করিতে পারা যায় ?

৯। চুম্বক ও তাড়িত-চুম্বকে প্রভেদ কি ?

১০। চুম্বকের রক্ষক কাহাকে বলে ?

১১। পিত্তলের দ্রব্য রৌপ্যাল করিতে কোন্ কোন দ্রব্যের আবশ্যক হয় ?